

**ROBERTA PASQUALIN**

**IMPACTOS MACRO-ECONÔMICOS DA INSERÇÃO DE ENERGIAS  
RENOVÁVEIS SUSTENTÁVEIS NA MATRIZ ENERGÉTICA  
BRASILEIRA**

**Monografia apresentada ao Programa do  
Curso de Pós-Graduação do Departamento de  
Ciências Contábeis, do Setor de Ciências  
Sociais Aplicadas da UFPr, como requisito  
para obtenção do título de especialista em  
Contabilidade e Finanças.**

**Prof. Orientador: Ana Paula Mussi Cherobin**

**CURITIBA  
2007**

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABRACE	Associação Brasileira dos Grandes Consumidores Industriais de Energia e Consumidores Livres
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ASA	American Soybean Association
AST	Associação dos Suinocultores do Triângulo Mineiro
Bep/d	Barril equivalente de Petróleo por dia
CC	Célula Combustível
CEMIG	Centrais Elétricas de Minas Gerais
CEPEL	Centro de Pesquisa de Energia Elétrica
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CMB	Comissão Mundial de Barragens
CNPE	Conselho Nacional de Política Energética
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
ERSs	Energias Renováveis Sustentáveis
ETEs	Estações de Tratamento de Esgoto
EUA	Estados Unidos da América
GEEs	Gases de Efeito Estufa
GW	GigaWatt
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IEA	Instituto de Estudos Avançados
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
KW	KiloWatt
LADETEL	Laboratório de Desenvolvimento de Tecnologias Limpas
LPF	Laboratório de Pesquisas Florestais
MDL	Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
MME	Ministério de Minas e Energia
MW	MegaWatt
OMC	Organização Mundial do Comércio
PCHs	Pequenas Centrais Hidrelétricas
PNB	Programa Nacional do Biodiesel
PNPB	Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel
PPM	Partes por Milhão
PROINFA	Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica
ONU	Organização das Nações Unidas
OPEP	Organização dos Países Exportadores de Petróleo
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
SINMEC	Laboratório de Simulação Numérica em Mecânica dos Fluidos Transferência de Calor
SWERA	Solar and Wind Energy Resource Assessment
Tep	Tonelada Equivalente de Petróleo
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
UHE	Usina Hidrelétrica
USP	Universidade de São Paulo
TW	TeraWatt
W	Watt

## LISTA DE FIGURAS E TABELAS

Figura 1. Área de expansão da agricultura de energia.	20
Figura 2. Produção Mundial de Etanol.	35
Figura 3. Produção e custo do etanol no Brasil.	35
Tabela 1. Composição da matriz de energia.	61
Figura 4. Preço internacional do barril de petróleo.	83
Figura 5. Preço internacional do petróleo e eventos conexos.	83
Figura 6. Oferta de Energia Renovável por região (MToe).	86
Tabela 2. Custo de Geração de Eletricidade	86
Tabela 3. Estimativa do Potencial de uso de bioenergia (Mtoe).	87
Figura 7. Evolução da produção de biodiesel no mundo.	87

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS .....</b>	<b>3</b>
<b>LISTA DE FIGURAS E TABELAS .....</b>	<b>4</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>7</b>
1.1 IDENTIFICAÇÃO E FORMULAÇÃO DO PROBLEMA.....	10
1.2 OBJETIVOS DO ESTUDO .....	10
1.3 MOTIVAÇÃO E JUSTIFICATIVA DO ESTUDO .....	11
1.4 CONCEITOS.....	13
1.4.1 Impactos Sócio-Econômicos .....	13
1.4.2 Energias Renováveis Sustentáveis .....	14
1.4.3 Matriz Energética Brasileira.....	14
<b>2. METODOLOGIA.....</b>	<b>16</b>
<b>3. ENERGIAS RENOVÁVEIS SUSTENTÁVEIS .....</b>	<b>17</b>
3.1. BIOMASSA .....	18
3.1.1 Resíduos de madeira e outros .....	23
3.1.2. Biogás e Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) .....	25
3.1.3 Álcool e Bagaço de Cana de Açúcar .....	30
3.1.4. Óleos Vegetais .....	36
3.2 EÓLICA.....	43
3.3 SOLAR.....	46
3.4 PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS E TURBINAS FLUTUANTES.....	49
3.5 ENERGIA DOS OCEANOS .....	51
3.6 GEOTERMIA .....	53
3.7 HIDROGÊNIO.....	54
3.8 ENERGIA HIDRELÉTRICA.....	57
<b>4. A MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA.....</b>	<b>59</b>
<b>5. A INSERÇÃO DE ERSs NA MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA .....</b>	<b>62</b>
5.1 DEMANDA DE ENERGIA.....	62
5.2. EMPECILHOS ECONÔMICOS .....	67

5.3. EMPECILHOS TECNOLÓGICOS.....71

5.4 EMPECILHOS HISTÓRICOS .....72

5.5. GEOPOLÍTICA .....72

5.6. EMPECILHOS NATURAIS.....77

5.7. EMPECILHOS COGNITIVOS.....78

**6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....82**

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....92**

## 1. INTRODUÇÃO

A ciência é como uma galera e seus remadores. Todos estão suados de tanto remar e se congratulam uns com os outros pela velocidade que conseguem imprimir ao barco. Há apenas um problema: ninguém sabe para onde vai o barco e muitos evitam a pergunta alegando que este problema está fora da alçada de sua competência.

Wright Mills (Paráfrase)

Esta conhecida alegoria de Wright Mills expressa bem um dilema da sociedade moderna: de um lado as maravilhas da técnica e do conhecimento, de outro a falta de rumo - ou as ilusões de um rumo, ou ainda, o desprezo por qualquer rumo. Analisando as tendências de consumo da nossa sociedade, é sabido que o ritmo impresso não é mais sustentável devido à escassez dos recursos naturais do nosso planeta.

Tal característica tem profundas implicações principalmente para o setor de energia, que é um pilar da sociedade moderna e sustenta-se na lógica daquela “maravilhosa” galera. Contudo, parece que há no barco desavenças e possibilidades de motim.

De um lado ambientalistas dispostos a proteger o meio ambiente a qualquer preço, mesmo a despeito do desenvolvimento tecnológico e econômico da sociedade, de outro, há pregadores do desenvolvimento econômico. Ao ver a discussão sobre o descompasso entre estes dois atores da sociedade, este trabalho busca sintetizar os impactos sócio-econômicos da inserção de energias renováveis sustentáveis na matriz energética brasileira. Atendendo por um lado à necessidade ambiental da redução de emissões atmosféricas provenientes da queima de combustíveis não-renováveis, e por outro buscando elencar as contribuições ou mazelas do desenvolvimento das novas formas de energia.

Embora não seja consensual nem reflita práticas semelhantes, a modernidade caracteriza-se, entre outras coisas, pela consciência de que a ação humana no mundo pode colocar o planeta em risco e, por consequência, sua própria existência. Além disso, coloca em discussão uma possível revalorização da relação entre o ser humano e a natureza, onde esta é vista, não mais apenas como

meio de produção (como recurso natural), mas como elemento fundamental à vida e também possuidora de valor próprio, isto é, não apenas possui valores estéticos como também tem direito à vida.

Esta é a postura da chamada “ecologia profunda”, uma filosofia que não separa os seres humanos da natureza e reconhece o valor intrínseco de todos os seres vivos (CAPRA, 2002). Tal revalorização não é um simples sentimentalismo de militantes da causa ambiental, mas representa uma nova percepção da relação ser humano / natureza, ainda que não dominante, possui força para influir nas ações humanas.

Esta revalorização é fruto do processo de conscientização de setores da sociedade, dada a partir de problemas concretos e de uma nova percepção da natureza. No século 20 a ação humana se intensificou e, aliada ao crescimento demográfico, urbanização e industrialização, os danos ambientais passaram a se intensificar, a se acumular e se tornarem mais graves, gerando muitas previsões alarmistas para o futuro do planeta. Isto acarretou em novas demandas políticas, por parte de novos atores sociais, como as preocupações com a preservação ambiental e um uso mais racional dos recursos naturais.

Em resumo, inicialmente alguns grupos defensores da preservação do meio ambiente e de uma nova forma de ação do ser humano, como ecologistas ou ambientalistas, passam a valorizar e defender a maior politização do tema, estudos mais amplos e novas práticas para se evitar a degradação ambiental. Posteriormente, estas demandas foram incorporadas por outros setores e atores sociais, de forma que hoje, se não é uma prática predominante, pelo menos é mais ampla que em seu início.

Este processo tem repercussões no setor de energia. Sabe-se que este setor é um dos principais agentes de devastação ambiental e de geração de problemas sociais. Por isso, as críticas a ele são constantes e acarretaram em um amplo debate mundial que, entre outros fatores, resultaram no Protocolo de Kyoto, que é de um frágil acordo, longe da unanimidade, mas não deixa de ser um reflexo da progressiva ação política que aqueles agentes iniciaram, décadas atrás, uma luta que parecia não ser possível de alcançar.

Hoje, esta revalorização se reflete, por exemplo, em propostas de grupos diversos, em universidades, em grupos ambientalistas, em certos órgãos governamentais e, mesmo, em setores da iniciativa privada, por maior participação

das chamadas Energias Renováveis Sustentáveis na matriz energética. Não como apêndices, mas como uma progressiva substituição das fontes de energia.

No entanto, no setor energético mundial tal revalorização não tem se revertido em amplas mudanças, a não ser em alguns países, por exemplo, Alemanha e Dinamarca, que têm procurado modificar sua matriz energética de forma mais acelerada. Na maioria dos países, ao contrário, parece que há um travamento, ou seja, a incorporação de critérios ou condicionantes sócio-ambientais resultam em mudanças brandas, mais adequadas ao “politicamente correto” ou acontecem *a posteriori*, isto é, após algum desastre ambiental ou crise de abastecimento de uma fonte de energia tradicional (MORIN, 2001).

É verdade que o Brasil destoa da maioria dos países por possuir uma matriz energética diversificada. A geração de eletricidade, baseia-se principalmente na hidroeletricidade e esta, por sua vez, baseia-se, principalmente, em grandes empreendimentos, os quais para sua realização, diga-se que implicam em inúmeros problemas sócio-ambientais. No setor de transportes, se desenvolveu tecnologia para uso em grande escala do álcool combustível e foi criado recentemente um programa para utilização de outros tipos de biocombustíveis.

Por outro lado, ampliou-se a utilização do gás natural na matriz energética nacional e a indústria petrolífera continua como uma locomotiva da economia, sendo elemento fundamental de geração de renda e desenvolvimento econômico em diversas regiões (MME, 2005).

Nos fatores sócio-ambientais também ocorreram mudanças, porém, insuficientes ou secundárias. Ainda que nas duas últimas décadas muitos condicionantes sócio-ambientais tenham sido incorporados ao processo decisório, são considerados como impeditivos, externalidades, ou conseqüências perniciosas não planejadas.

Este trabalho não busca questionar o modelo em si, baseado na grande hidroeletricidade e no petróleo, desconsiderando o surgimento de muitos problemas. Em termos sóciopolíticos, os objetivos econômicos e técnicos continuam a prevalecer sobre todos os demais, delineando uma lógica produtivista, isto é, voltada para a lógica de mercado.

Não há um projeto sócio-ambiental / político-econômico nítido para além do prazo de uma geração, isto é, parte-se da crença de que o aumento de produção e renda, em si mesmos, garantiriam as melhorias de condições de vida de toda a



população, em um futuro relativamente breve. O único norte visível é formado por indicadores econômicos e estes são buscados quase que a qualquer custo. Desta forma, a produção de energia insere-se nesta lógica enfeitiçante onde, apesar de certas ressalvas, continua a prevalecer a mentalidade produtivista de mercado, com os conseqüentes riscos e danos à natureza e à própria humanidade.

## 1.1 IDENTIFICAÇÃO E FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

O presente estudo elege como tema de pesquisa os impactos sócio-econômicos da inserção de energias renováveis sustentáveis na matriz energética brasileira. Neste sentido, procura-se entender a agricultura de energia como uma nova e importante participante da matriz energética refletindo sobre os impactos sócio-econômicos na atual realidade brasileira. Para tanto, o seguinte problema de pesquisa é apresentado:

### **Quais os Impactos Sócio-Econômicos da Inserção de Energias Renováveis Sustentáveis na Matriz Energética Brasileira?**

De acordo com NOORGARD (1989) existiriam duas hipóteses para o futuro: os que acreditam em um futuro de crescente e ilimitada prosperidade, com base na ciência, na tecnologia e na organização social; e os que, também com base científica, se preocupam com a fragilidade dos sistemas sócio-ambientais, com a possível ocorrência de efeitos indesejáveis do processo de crescimento da produção e da população.

Assim, o questionamento básico é se não seria possível dar um outro caráter ao planejamento e à política energética? Isto porque, apesar de conflituoso e contraditório, estamos em um momento na história, onde uma nova racionalidade (sócio-ambiental), pautada na consciência dos riscos da ação humana, poderia induzir tais transformações.

## 1.2 OBJETIVOS DO ESTUDO

O objetivo central e orientador deste trabalho consiste em sintetizar os impactos sócio-econômicos da inserção de energias renováveis sustentáveis na matriz energética brasileira. Neste intuito elaboram-se os seguintes objetivos específicos:

- a) Apresentar as diversas formas de energia (renováveis e não-renováveis);
- b) Descrever os diferentes impactos sócio-econômicos de cada forma de produção de energia;
- c) Discutir os argumentos para a substituição da matriz energética por fontes de energia renováveis sustentáveis;
- d) Avaliar a partir da perspectiva sócio-econômica os pontos positivos e negativos da utilização de formas alternativas de fontes de energia renováveis sustentáveis;
- e) Sintetizar as mudanças estruturais e de perspectivas no setor de energia brasileiro, incluindo aspectos facilitadores e restritivos de tais mudanças;
- f) Apresentar alguns elementos (políticas, métodos e construção do conhecimento) que poderiam contribuir no planejamento energético do Brasil, em direção a uma produção de energia limpa, renovável e sustentável.

### 1.3 MOTIVAÇÃO E JUSTIFICATIVA DO ESTUDO

As fontes de energia renováveis sustentáveis são um elemento essencial para se alcançar o desenvolvimento social e econômico de forma sustentável e ambientalmente responsável, e vêm adquirindo maior importância devido ao recente desenvolvimento tecnológico, o que propicia a estas fontes energética prover serviços como luz, calefação, refrigeração, calor seguro para cozinhar, força mecânica, transporte e comunicações (CAPRA, 2002).

As vantagens proporcionadas pelas energias renováveis variam de acordo com as condições e prioridades locais, destacando-se a minimização da ameaça das mudanças climáticas do planeta decorrentes da queima de combustíveis fósseis; o desenvolvimento econômico e social; a ampliação do acesso à energia para cerca de um terço da população mundial; a geração de empregos e a fixação do homem no campo; a redução dos níveis de pobreza; e a diminuição da desigualdade social.

Apesar de a mudança dos componentes da matriz energética mundial ser indiscutível, no longo prazo, existem diversos condicionantes (tecnológicos, políticos, culturais, econômicos, sociais, comerciais ou ambientais) que podem apressar ou retardar as mudanças consideradas inexoráveis (NOORGARD, 1989).

Alguns exemplos destes condicionantes são os Acordos Internacionais, como a entrada em vigor do Protocolo de Kyoto, que são poderosos indutores do uso de energias renováveis e criam reservas de mercado para a bioenergia; O apoio intenso, garantido e continuado aos programas de PD&I constituirá a ser a pedra angular para acelerar a taxa de utilização de energias renováveis. Inovações têm o condão de viabilizar técnica e economicamente as fontes renováveis de energia, bem como permitir a exploração comercial, o ganho de escala e a redução de custos; A co-geração de energia se constituirá em um diferencial importante para a viabilização econômica de fontes de bioenergia; A expansão da área de agricultura energética não poderá ocorrer às custas da contração da oferta de alimentos, nem de impactos ambientais acima da razoabilidade, sob pena de forte reação contrária da sociedade.

O fator preço dos combustíveis fósseis é crucial para apressar a transição, e, ironicamente, para estender o tempo de duração das reservas, tornando a transição menos turbulenta. Sob um quadro de preços moderados de combustíveis fósseis poucas fontes de energias renováveis são competitivas, como é o caso do etanol (álcool combustível), derivado de cana-de-açúcar, já claramente competitivo, ou da energia eólica, em determinadas regiões, onde se encontra em estágio pré-competitivo (MME, 2005).

Dessa forma, o presente estudo justifica-se por tratar o tema sob a perspectiva brasileira que amplia a base de informações e subsídios para o contínuo desenvolvimento e adequação de políticas governamentais de fomento à inserção de fontes de energia renováveis sustentáveis na matriz energética brasileira.

A maioria dos estudos existentes sobre fontes de energia renováveis sustentáveis, trata o tema sob a perspectiva principalmente ambiental da questão, não considerando seus aspectos sócio-econômicos, os quais se visa tratar neste estudo.

O estudo ainda justifica-se na medida em que busca evidenciar aos governantes e aos dirigentes de empresas de diversos setores econômicos os

possíveis impactos sócio-econômicos decorrentes da inserção de fontes de energia renováveis sustentáveis na matriz energética brasileira, bem como novas oportunidades de mercados abertas por este processo de mudança e que devem ser consideradas no planejamento das organizações.

## 1.4 CONCEITOS

Como referenciais principais, este estudo prioriza algumas reflexões dadas pela crítica socioambiental, em linha com os estudos de Lester Brown e Fritjof Capra. Suas análises e críticas aos padrões de comportamento das sociedades modernas são importantes para se perceber os fatores que dão sustentação a determinadas concepções de vida, da relação ser humano / natureza.

Os objetivos acarretam em abordar o tema “impactos sócio-econômicos”. Analisar este conceito requer pensar em temas específicos e variados, na dinâmica da sociedade atual, na globalização, no poder de transnacionais, no consumismo, formas de energia, o mito de que a tecnologia, em si mesma, poderia resolver problemas sociais e ambientais.

Em geral, as discussões a respeito do tema “energias renováveis sustentáveis” se dão apenas pelo enfoque técnico e das ciências exatas. Outras formas de abordagem são relegadas a um segundo plano. Por outro lado, as novas abordagens podem ensejar novas percepções, assim como, possibilitar um diálogo com temas variados e interdisciplinares, como economia, filosofia, sociologia, política, administração, ciências exatas e elementos técnicos já que procura-se enfatizar a necessidade de se estabelecer rumos mais precisos ao desenvolvimento humano.

A abordagem proposta deverá incorporar algumas categorias de análise e conceitos, indicadas logo a seguir:

### 1.4.1 Impactos Sócio-Econômicos

Pela definição da Comissão Brundtland, impacto sócio-econômico é qualquer alteração das propriedades sociológicas, físico-químico ou biológicas do

meio ambiente, causadas direta ou indiretamente pela ação humana, e que possam afetar a qualidade de vida, saúde, segurança, aspirações de bem estar das pessoas, condições estéticas e sanitárias do ambiente, a qualidade dos recursos naturais. Este impacto pode ser negativo ou positivo.

#### 1.4.2 Energias Renováveis Sustentáveis

Segundo Santos *et alii* (2006), pode-se definir a energia renovável como aquela que é obtida a partir de fontes naturais, sendo disponibilizada de forma cíclica. São pequenas quedas d'água, produtos ou mesmo resíduos agrícolas ou animais, ventos e sol que, combinados à aplicação de tecnologias apropriadas, criam a possibilidade de se desenvolverem atividades econômicas, ao mesmo tempo que mantém a vitalidade dos componentes e processos de funcionamento dos ecossistemas. Baseia-se na hipótese de que é possível calcular a "vida útil" ou durabilidade do sistema natural, medir o "déficit ecológico" provocado pelas atividades humanas e saber como evitar impactos negativos no ecossistema.

Além de reduzir a dependência em relação às fontes tradicionais, uma maior utilização da energia renovável proporciona grandes benefícios ambientais, abrindo espaço, também, para o desenvolvimento tecnológico e a produção de novos conhecimentos na área energética.

#### 1.4.3 Matriz Energética Brasileira

As projeções da matriz energética constituem uma forma bastante interessante de se apresentar os resultados do planejamento energético. São realizados exercícios sistemáticos e detalhados de planejamento governamental para o setor elétrico brasileiro. Frente a esta realidade, o comitê técnico do Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) lança mão, para poder elaborar as projeções da Matriz Energética Nacional, de exercícios de planejamento feitos pelo Ministério de Planejamento, Orçamento e Gestão, Eletrobras e Petrobras, além de usar extensivamente extrapolações de tendências verificadas nos últimos

anos. De qualquer modo, o trabalho deste comitê técnico, que também conta com as importantes participações de técnicos da Agência Nacional de Petróleo, Universidade Federal do Rio de Janeiro e Universidade de São Paulo, o representa um importante papel do Ministério de Minas e Energia e do CNPE.

A elaboração da Matriz Energética Nacional é parte de um processo global de planejamento estratégico para o País que envolve a Sociedade e, através dos poderes constituídos, o Estado. O resultado do estudo da Matriz Energética Nacional deve estar em condições de ser incorporado ao processo de Planejamento Estratégico e ao Plano Plurianual. A Matriz Energética Nacional e as Matrizes Regionais, assim como os Planos Setoriais são os principais instrumentos de explicitação dessa política, que deve se harmonizar com as Políticas Social e Econômica do Governo.

## 2. METODOLOGIA

A Metodologia da Pesquisa Científica esclarece as formas de desenvolvimento dos estudos com o fim de atingir seus objetivos. Por outro lado, mostra como, na prática tal metodologia será efetivada, onde são estudados os meios a serem empregados na coleta de dados, para que possam ser apresentados, indicando o procedimento para a obtenção e tratamento destas informações.

Este trabalho desenvolve uma pesquisa de natureza analítica. A pesquisa analítica tem como preocupação central identificar os fatores que determinam ou que contribuem para a ocorrência dos fenômenos. Este é o tipo de pesquisa que mais aprofunda o conhecimento da realidade, porque analisa a razão, o porquê das coisas. Uma pesquisa analítica pode ser a continuação de uma descritiva, posto que a identificação dos fatores que determinam um fenômeno exige que este esteja suficientemente descrito e detalhado (GIL, 1996).

Neste trabalho aplica-se um tipo de pesquisa denominado de Monografia de Compilação. Este tipo de estudo resulta na exposição do pensamento de vários autores, decorrendo do esforço de pesquisa bibliográfica e documentária sobre um tema previamente selecionado. Seu mérito depende da capacidade de organização das opiniões de outros autores, do relacionamento lógico entre elas e da identificação de afinidades e/ou antagonismos entre correntes de pensamento divergentes ou complementares. Além disso costuma expressar a opinião do próprio autor sobre os pontos relevantes, como suas conclusões, no decorrer do desenvolvimento da exposição, ou como capítulo de conclusão.

### 3. ENERGIAS RENOVÁVEIS SUSTENTÁVEIS

Nesse tópico, pretende-se investigar os possíveis impactos positivos e negativos das fontes de energia renováveis sustentáveis (ERSs). Refletir e conhecer outras formas de energia (antes que elas sejam utilizadas em maior intensidade) pode evitar falsas expectativas ou possíveis impactos negativos, sejam eles sociais ou ambientais, assim como, discutir suas possíveis vantagens.

A intenção não é desmerecer ou achar defeitos nas ERSs, muito menos defender a utilização de combustíveis fósseis, mas tão somente refletir sobre as consequências da ação humana no planeta, ainda que bem intencionadas. Algumas formas de energia, como a solar ou o hidrogênio, são apresentadas por certos grupos como se fossem a salvação da humanidade. Mas como nunca foram utilizadas mais intensamente, não se sabe ao certo suas reais potencialidades e riscos.

Comparativamente, em princípio, parece que as vantagens das ERSs são muito maiores que as desvantagens, porém, isto não impede de analisarmos os possíveis impactos de sua inserção na matriz energética brasileira.

A discussão sobre os impactos macro-econômicos de tais formas de energia é importante para refletirmos, não apenas sobre uma matriz energética alternativa, mas também para pensarmos no tipo de mundo que desejamos. Sem cairmos em uma análise excessivamente otimista ou ufanista, procura-se aqui discutir possíveis impactos ambientais e sociais decorrentes de um uso mais intenso de ERSs.

Apresenta-se a seguir, como algumas formas de ERSs possuem imensos pontos positivos mas também podem causar impactos sociais e ambientais. Estes impactos são diversos, porém, em alguns casos podem ser significativos. Procura-se contrabalançar as vantagens e desvantagens das ERSs, principalmente no que se refere a seus impactos positivos e negativos. Este trabalho também não visa se ater a comparações de fatores técnicos, pois isto exigiria um conhecimento mais específico.

Neste sentido, o livro “Fontes Renováveis de Energia no Brasil”, de M. TOLMASQUIM *et alli*. (2003), será a principal referência na análise a seguir.



### 3.1. BIOMASSA

O termo biomassa refere-se a uma série de produtos e sub-produtos agrícolas e florestais, assim como resíduos diversos de origem animal e humana (RSU – resíduos sólidos urbanos, como lixo e lodo de estações de tratamento de esgoto (ETEs); gás de aterro e de ETEs).

Indicada por membros do governo e pela Associação Brasileira dos Grandes Consumidores Industriais de Energia e Consumidores Livres (ABRACE) como um dos grandes potenciais elétricos para os próximos anos, a biomassa gera eletricidade através da queima de resíduos orgânicos.

Esta biomassa pode ser utilizada em termoelétricas de forma direta, através de combustão, ou de forma indireta, através de processos de gaseificação, liquefação ou na forma de biocombustíveis.

A principal vantagem da biomassa está na eliminação de resíduos diversos, diminuindo a necessidade de sua deposição em aterros. Outra vantagem está na diminuição de emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE). Segundo TOLMASQUIM *et alli.* (2003, p. 1) de forma geral, em relação aos combustíveis fósseis “a biomassa devido à melhor combustão, as emissões atmosféricas absolutas tendem a ser menores e, devido à maior eficiência de geração elétrica, menores emissões por unidade de energia gerada podem ser verificadas”. Além disso, a biomassa pode ser um incentivo ao reflorestamento ou a um controle maior das florestas.

Outro ponto positivo é a geração de empregos na agricultura e silvicultura, o que contribui para evitar o êxodo rural ou a decadência de pequenos municípios. Da mesma forma, contribui para a descentralização, pois, em geral, a produção de energia através da biomassa se dá por autoprodutores, que comercializam a energia excedente. Neste caso, a energia é um produto secundário, como no caso do bagaço de cana ou resíduos agrícolas. Apenas no caso de biocombustíveis pode ser que a produção se dê basicamente para gerar combustíveis e os subprodutos tenham outras finalidades. É o caso do uso da mamona, cujos subprodutos podem ser utilizados para ração animal, ou da cana-de-açúcar, onde seu bagaço ainda pode ser utilizado para produzir energia.

Por outro lado, o uso da biomassa apresenta pontos negativos e riscos. De forma geral, referem-se ao manejo incorreto dos produtos ou ao risco de grandes

monoculturas. Além disso, os custos de investimento ou implementação são altos e a produção de energia é relativamente baixa. Por isso, a forma de uso mais apropriada é a co-geração (produção simultânea de vapor e eletricidade).

No caso de produtos ou subprodutos agrícolas, deve-se levar em consideração os períodos de entressafra. Neste momento a produção pode parar, se não existir um estoque de combustível ou se adquirir material de outras culturas agrícolas. Acrescente-se, ainda, o risco de acelerar o processo de substituição de produtos naturais por produção transgênica.

No Brasil, bagaço e palha de cana-de-açúcar tendem a ser as maiores matérias para a expansão da fonte, o que não impede o uso da casca do arroz e da participação do setor de papel e celulose.

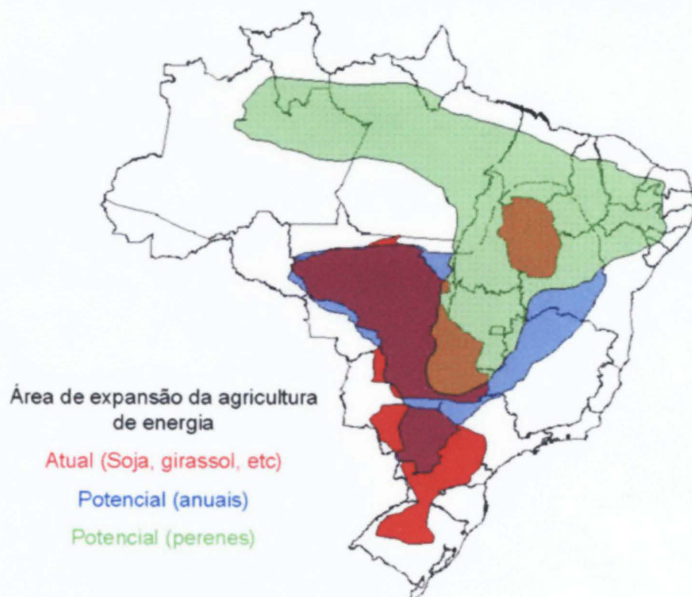
Um dos atrativos da biomassa é o baixo custo. No Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA), que utilizava subsídios governamentais para alavancar o setor, o custo da biomassa de bagaço de cana era de 107,90 R\$/MWh, valor competitivo em relação à geração hidrelétrica e nuclear.

Aceitas as premissas anteriormente relacionadas, qualquer cenário que venha a ser traçado para o médio e longo prazos, revela as vantagens comparativas do Brasil para ser o principal *player* do *biotrade* – o mercado que está sendo plasmado, consolidando os negócios internacionais, envolvendo a oferta de energia renovável.

A primeira vantagem comparativa que se destaca é a perspectiva de incorporação de áreas à agricultura de energia, sem competição com a agricultura de alimentos, e com impactos ambientais circunscritos ao socialmente aceito.

Nesse particular, a área de expansão de cerrados, a integração pecuária / lavoura, a recuperação de pastagens, a ocupação de áreas de pastagens degradadas e outras áreas antropizadas, as áreas de reflorestamento e a incorporação de áreas atualmente marginais, por melhoria do *quantum* tecnológico, pode aproximar-se de 200 milhões de hectares/ano, quando projetado o longo prazo (2030). Mesmo no médio prazo, o Brasil pode incorporar metade desse quantitativo, caso sejam viabilizadas as demais condições para a expansão da área (capital, logística, insumos, mercado, etc).

Figura 1. Área de expansão da agricultura de energia.



Fonte: Elaboração D. L. Gazzoni

O segundo aspecto a considerar é a possibilidade de múltiplos cultivos dentro do ano calendário. O sistema de safrinha, ou de cultivo de inverno e duplo cultivo de verão, já é o paradigma dominante na produção de grãos no país. Uma faceta importante do modelo é o surgimento de “janelas produtivas”, ou seja, períodos do calendário com riscos razoáveis para a cultura principal, porém com riscos aceitáveis para outras culturas, menos exigentes em recursos hídricos, como mamona ou girassol, o que viabiliza um nicho interessante para a agricultura de energia, a reboque de custos fixos amortizados, ou variáveis parcialmente amortizados.

Por situar-se na faixa tropical e subtropical do planeta, o Brasil recebe intensa radiação solar, ao longo do ano. A energia solar é um vértice da produção da bioenergia e a densidade desta, por unidade de área, depende, diretamente, da quantidade de radiação solar incidente.

Também em decorrência de sua extensão e localização geográfica, o Brasil apresenta três outras vantagens comparativas importantes. A primeira é a diversidade de clima, o que permite administrar de forma mais flexível, o risco climático. O segundo aspecto é a exuberância de sua biodiversidade, o que significa que o Brasil necessita exercitar opções de novas alternativas associadas à agricultura de energia – selecionando aquelas que lhe forem mais convenientes - ao invés de depender, incondicionalmente, de uma única espécie, como é o caso

da Europa ou dos Estados Unidos. Finalmente, o Brasil detém um quarto das reservas superficiais e sub-superficiais de água doce do mundo, o que permite o desenvolvimento de culturas irrigadas, na superveniência de condições climáticas desfavoráveis.

O Brasil é reconhecido por haver assumido a liderança na geração e implantação de tecnologia de agricultura tropical. Mais do que o estoque tecnológico, o acúmulo de experiência em PD&I, a gestão de C&T e a capacidade material e humana instalada, permitem antever a continuidade da capacidade de situar-se na fronteira da tecnologia agropecuária, para a agricultura de energia, como o foi para a agricultura de alimentos.

O Brasil também acumulou grande experiência no desenvolvimento da indústria de agroenergia, em que um dos paradigmas é justamente a indústria do etanol, reconhecida como a mais eficiente do mundo, em termos de tecnologia de processo e de gestão. A experiência dos últimos 30 anos forjou competências de gestão e negociação na cadeia, gerando as condições para uma nova investida em outros nichos do mercado da agricultura de energia.

Embora em expansão, o Brasil não é dependente do mercado internacional para assegurar a sua competitividade. Dispondo de um invulgar mercado consumidor interno, o Brasil pode alavancar um negócio poderoso na área de agroenergia, com invulgar competitividade no âmbito do *biotrade*.

Igualmente, o Brasil reúne condições para ser o principal receptor de recursos de investimento, provenientes do mercado de carbono, no segmento de produção e uso de bioenergia. Os contornos desse mercado já estão visíveis e ele será rapidamente catapultado pela ratificação do Protocolo de Kyoto pela Rússia, destarte a recusa em subscrevê-lo por parte do maior devorador de energia fóssil e maior emissor de poluentes atmosféricos, que são os Estados Unidos.

O sinergismo entre as vantagens comparativas naturais (solo, água, mão de obra, e radiação solar intensa e abundante) e as captações de capital proveniente de projetos vinculados aos Mecanismos de Desenvolvimento Limpo, tornarão o País ainda mais atrativo para macro-investidores ávidos por disputarem o *market share* do *biotrade*. Esses capitais comporão um portfólio de investimento direto na produção, além de auxiliar na formação de uma logística adequada para o armazenamento e o escoamento da produção (comunicações, tancagem, ferrovias,

hidrovias e instalações portuárias). Na margem, existe a expectativa que o setor de PD&I também será beneficiado com o aporte de recursos, o que permitirá ao Brasil manter-se no estado da arte da tecnologia da agroenergia. Isso posto, entende-se que a agricultura de energia será a jóia da coroa do agronegócio brasileiro, no médio e longo prazo.

Os principais fatores que impulsionam o desenvolvimento tecnológico para aproveitamento da biomassa energética são:

- A crescente preocupação com as mudanças climáticas globais que, no futuro, convergirão para políticas globais de redução da poluição;
- O reconhecimento da importância da energia de biomassa para efetuar a transição para uma nova matriz energética e substituir o petróleo como matéria prima, em seu uso como combustível ou insumo para a indústria química;
- A crescente demanda por energia e as altas taxas recentes de uso de biomassa energética. Os países em desenvolvimento demandarão 5 TW de energia nova, nos próximos 40 anos, sendo inadmissível imaginar que essa energia possa ser proveniente de fontes fósseis, pelo seu alto impacto ambiental, pelo custo financeiro crescente e pelo esgotamento das reservas;
- Os custos ambientais serão paulatinamente incorporados ao preço dos combustíveis fósseis, através de tributos punitivos (taxa de poluição), tornando-os progressivamente mais caros, fator agravado com o aumento natural de preços, devido ao esgotamento das reservas e aos conflitos regionais;
- O preço também oscilará, mantendo tendência crescente, em função das disputas políticas e bélicas pelas últimas reservas disponíveis, tornando inseguros os fluxos de abastecimento e o cumprimento de contratos de fornecimento de petróleo;
- Cresce, em progressão logarítmica, o investimento público e privado no desenvolvimento de inovações que viabilizem as fontes renováveis e sustentáveis de energia, com ênfase para o aproveitamento da biomassa;
- Também cresce o número de investidores internacionais interessados em contratos de longo prazo, para o fornecimento de biocombustíveis, especialmente o álcool e, em menor proporção, o biodiesel e outros derivados de biomassa;
- A energia passará a ser um componente importante do custo de produção agropecuário e da agroindústria, tornando progressivamente atraente a

geração de energia dentro da propriedade.

### 3.1.1 Resíduos de madeira e outros

Embora o desflorestamento seja um dos principais problemas ambientais da atualidade, no Brasil e no mundo a madeira ainda é um dos principais produtos da construção civil e da confecção de produtos diversos. Da mesma forma, a produção de papel e carvão vegetal exige a disponibilidade de gigantescos recursos florestais. A pressão sobre desflorestamentos ilegais aumenta constantemente, mas ainda assim não consegue resolver o problema. Apesar disso, o uso legal e racional dos recursos florestais pode contribuir para diminuir a dependência de combustíveis tradicionais e, mesmo, para evitar a destruição de florestas nativas e incentivar reflorestamentos. Trata-se da concepção do Ministério de Minas de Energia (MME) de florestas energéticas cultiváveis.

Outra forma de uso se dá a partir de resíduos florestais. As madeiras, principalmente nas regiões centro-oeste e norte, costumam acumular grande quantidade de resíduos que, naquelas regiões, não possuem utilidade. Assim, tais resíduos podem ser utilizados como combustível para aquecer caldeiras e produzir energia elétrica (co-geração). Também em indústrias de papel e celulose é comum este processo de co-geração.

Uma primeira vantagem diz respeito à eliminação de resíduos, que muitas vezes são deixados ou queimados a céu aberto, produzindo intensa fumaça. A utilização de resíduos enquadra-se na linha de um manejo florestal sustentável ou planejamento integrado de recursos.

Em regiões remotas como a Amazônia, pode substituir o óleo diesel na geração de eletricidade, contribuindo para diminuir a emissão de GEEs. Neste caso, contribui ainda para diminuir o custo da energia, “Cada MW gerado com diesel custa R\$ 400,00, enquanto o mesmo MW a partir de resíduo de madeira custa R\$ 100,00”. Em grandes centros urbanos, os resíduos de podas de árvores também podem ser utilizados como combustível.

“A quantidade de resíduos gerados no processamento de madeira é da ordem de 55% da quantidade de madeira processada, sendo o conteúdo energético médio da ordem 11,5 MJ/kg a 35% de umidade. Assim, uma serraria

operando a 100 m<sup>3</sup>/d teria possibilidade de produzir em torno de 1500kw em uma planta térmica com 22% de rendimento” (CEPEL/Fontes alternativas de energia).

As serrarias podem ser auto-suficientes em energia elétrica e poderiam abastecer municípios próximos com o excedente. Podem ainda, assim como as fábricas de papel e celulose, ser exportadoras de energia, na forma de briquetagem. O LPF (Laboratório de Produtos Florestais), órgão ligado ao IBAMA, foi responsável pela criação de mais de 40 usinas de briquetagem em funcionamento no país. O processo de briquetagem consiste na compactação de resíduos vegetais obtidos de madeiras e da agroindústria. Segundo Waldir Ferreira Quirino, pesquisador do LPF, o material tem alta capacidade de geração energética. Com apenas 30 quilos de briquetes, seria possível gerar energia para iluminar uma residência que consome 100 KW por mês de eletricidade.

Tais projetos são também um incentivo ao plantio de florestas, podendo interligar-se a projetos de seqüestro de carbono. Mas isto pode ser também uma desvantagem. A principal desvantagem ou risco é a possibilidade de desmatamento de áreas nativas ou de preservação, como ocorre hoje em certas regiões para produção de carvão vegetal.

Em serrarias já existentes na Amazônia, o risco do uso de resíduos florestais, num primeiro momento é irrelevante, pois há um grande estoque de resíduos, acumulados durante vários anos. No entanto, quando estes acabarem os resíduos produzidos diariamente podem não ser suficientes, o que certamente levaria ao desmatamento, se não houver uma reserva florestal.

Em outras regiões, mesmo no caso de reflorestamento, há o risco de danos derivados das monoculturas como Pinus e Eucalipto, que degradam o solo e inibem a biodiversidade. Da mesma forma, podem incentivar a substituição das poucas florestas nativas remanescentes.

Resíduos como casca de arroz e de trigo, aparas de papel (indústrias de papel), capim elefante, caroço de azeitona (Europa), têm sido apontados como outras fontes de energia, cuja maior vantagem seria a eliminação de rejeitos agrícolas, industriais e de lixo. Tais resíduos podem abastecer termelétricas ou serem transformados em biocombustível, por exemplo, para produzir óleo combustível elaborado a partir do processamento de casca de arroz, palha de trigo, pó de serragem ou bagaço de cana-de-açúcar.

### 3.1.2. Biogás e Resíduos Sólidos Urbanos (RSU)

O biogás é uma forma de energia produzida a partir da decomposição de matéria orgânica de origem animal, vegetal e de resíduos domésticos e industriais diversos, assim como, de efluentes domésticos, por exemplo de ETEs. Já o RSU nada mais é do que lixo doméstico que pode ser queimado “in natura” alimentando uma termelétrica. São de uso local, mas podem significar muito, quando analisadas em conjunto. Se a maioria dos municípios de grande ou médio porte tivessem adequados aterros sanitários e de ETEs, poderiam-se utilizar os subproduto destes processos, o biogás e/ou o RSU, para diversos fins. Isto pode ser feito com a implantação de biodigestores e usinas de incineração.

Por exemplo, poderia se utilizar o biogás em propriedades rurais, onde há criações de animais. É o caso de granjas de suínos, cujos dejetos, quando em grandes volumes, causam sérios problemas ambientais, como a contaminação de rios e proliferação de vetores de doenças e mosquitos.

Biodigestores podem ser utilizados para acumular tais dejetos, resultando em dois subprodutos:

- O biogás – “um gás inflamável produzido por microorganismos, quando matérias orgânicas são fermentadas dentro de determinados limites de temperatura, teor de umidade e acidez, em um ambiente impermeável ao ar” e;
- O biofertilizante, que é o material de teor sólido após tratamento, utilizado em lavouras e diminuindo custos com insumos.

Considera-se que cada m<sup>3</sup> de esterco produz 50 m<sup>3</sup> de biogás (equivalente a 1,5 botijão de Glp); 1 m<sup>3</sup> de biogás equivale a 0,55 litro de óleo diesel e cerca de 0,8 litro de gasolina; calcula-se que 7 suínos produzem diariamente esterco equivalente a 1 litro de óleo diesel (GUIVANT, 1998).

Cerca de 200 produtores rurais da região do Triângulo Mineiro estão tendo a oportunidade de conhecer o biodigestor processador que transforma em gás os dejetos animais, projeto este promovido pela Associação dos Suinocultores do Triângulo (AST) e pela Sadia. O objetivo é divulgar esse sistema alternativo de geração de energia, que emprega tecnologia européia e chegou ao Brasil há mais de 20 anos.

Os produtores rurais podem ver um motor funcionando no gerador e produzindo energia elétrica para o funcionamento de equipamentos elétricos. "Num



futuro próximo, a Cemig (Centrais Elétricas de Minas Gerais) deve comprar o excesso de energia produzida pelos biodigestores. Esta será uma vantagem secundária para o produtor rural, que terá o orgulho de contar com uma suinocultura com um ambiente tratado, com menos problemas com cheiro, aproveitamento maior e remuneração pela produção do gás, que deverá ser de um dólar por cada animal alojado", conta o presidente da Associação dos Produtores de Suinocultura do Triângulo, Hércio Pereira de Queiroz.

O biodigestor é uma experiência nova em Minas Gerais e atende aos requisitos exigidos no Protocolo de Kyoto que estabelece normas de preservação do meio ambiente. O Estado é o primeiro a receber a verba do Banco Mundial para ser utilizada no projeto biodigestor em Uberlândia. Poucas regiões do Brasil, utilizam este sistema alternativo de geração de energia.

Em Uberlândia, apenas as fazendas Nossa Senhora das Graças e a Água Limpa têm o biodigestor, que foram instalados em 2003. Os proprietários dessas fazendas estão utilizando o gás metano produzido e canalizado por este sistema na produção de energia elétrica e calor. Essa nova energia pode ser usada no aquecimento de água e de campana em granjas de aves e suínos.

Os gases produzidos por lixões e dejetos de animais produzem GEEs prejudiciais à camada de ozônio. O biodigestor tem a função de captar esses gases e transformá-los em energia, que poderá ser consumida pelo produtor da forma que ele preferir. "Quando se queima o gás metano através do biodigestor, antes que ele chegue à atmosfera, dá-se o seqüestro do gás carbônico. A queima deste gás deve ter uma eficiência de 95%, mas a forma como o gás produzido e canalizado será queimado não importa", explica Hércio Pereira.

A verba para implantação do biodigestor nas propriedades rurais do Estado é ilimitada e o intuito é atender, sobretudo, os associados da AST. Pela avaliação da Associação, o produtor rural que tem em torno de três mil animais gastará entre R\$ 60 a R\$ 64 mil para implantação do sistema alternativo de energia. "O intuito maior do projeto é a adequação das propriedades às exigências ambientais. Os produtores rurais de Uberlândia e região estão um passo à frente dos demais. Cálculos de alguns especialistas revelam que o biodigestor se paga em 24 a 36 meses por meio da própria produção de gás", explica Hércio Pereira.

Ele revela ainda que a produção de gás pelo biodigestor se transforma em créditos que serão devolvidos ao Banco Mundial em forma de moeda. Estes

créditos serão comercializados e deverão ser comprados pelos países desenvolvidos, que não têm como interferirem diretamente na redução dos níveis de poluição que produzem.

O biogás também pode ser obtido no processo de tratamento de efluentes domésticos e lixo. A composição deste gás é de 50% de gás metano ( $\text{CH}_4$ ), 45% de gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ) e 5% de ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{S}$ ) e outros gases (TOLMASQUIM *et alli.*, 2003, p. 100). ETEs e aterros sanitários, em seu processamento liberam gás metano, que pode ser utilizado como combustível, até 0,2 m<sup>3</sup> por tonelada de lixo. Pode-se utilizar o biogás em motores de combustão interna, fogão doméstico, lampião, geladeiras, chocadeiras, secadores de grãos ou secadores diversos, geração de energia elétrica, aquecimento e balanço calorífico. No caso de aterros, pode-se utilizar o gás como combustível para veículos de utilidade dentro do próprio aterro sanitário e aproveitar o gás em um injetor para queimar o chorume. Pode-se, ainda, utilizar esta energia alternativa para tubulações de aquecedores à gás nas residências. Em São Paulo há uma usina localizada em um aterro sanitário, gerenciado por um banco, que produz 20 MW de energia a partir do biogás. É o suficiente para a demanda do banco e para comercializar uma pequena parte.

O lixo pode também ser queimado diretamente, em incineradores, na mesma lógica da utilização de resíduos de biomassa. Mas em termos de eficiência energética não é vantajoso. A reciclagem resulta em maior economia que a queima de certos materiais. De acordo com TOLMASQUIM *et alli.*, (2003, p. 95) “a cada reciclagem conservam-se 3,5 MWh por tonelada de papel e 5,3 MWh de plástico”. Se fossem incinerados para produzir energia, ambos os materiais gerariam 3,3 MWh.

O Japão, por exemplo, incinera 80% do lixo municipal, os EUA, 20%, a Suíça, 80%. Em Paris, 100% do lixo é incinerado na própria cidade, aquecendo a água de 70.000 apartamentos. Tal método está se expandindo rapidamente, principalmente em países do extremo oriente.

Em todos estes casos, a geração de energia é um fator positivo, tanto para propriedades rurais quanto para empresas de saneamento ou operadoras de um aterro, pois representam valor agregado e elimina, ou pelo menos diminuem, problemas ambientais. Muitas vezes, tais gases, ao não serem utilizados, são naturalmente liberados na atmosfera. Anualmente, os aterros sanitários em todo o

mundo produzem cerca de 60 milhões de toneladas de metano, um GEE de origem antropogênica. Assim, a queima do metano reduz seu potencial de alavancar o aquecimento global, mesmo que não seja para gerar energia. Mas se o for, a redução será mais significativa ainda. Por isso, pode-se enquadrar em projetos de seqüestro de carbono, uma derivação do Tratado de Kyoto.

Outra vantagem é econômica, já que a grande maioria dos aterros se localiza próximo das cidades, o que evita gastos com linhas de transmissão e garante o consumo da energia gerada. No caso de comercialização direta de biogás, pode exigir a construção de rede de gasodutos, porém, não será de grande extensão. O ideal seria a utilização de processo de co-geração, com indústrias gerando vapor a partir da queima do biogás. Ou mesmo, na utilização como gás veicular e produção de dióxido de carbono para indústrias locais (TOLMASQUIM *et alli.*, 2003, p. 103). No caso de incineração, a grande vantagem seria o maior tempo de uso dos aterros sanitários, ampliando sua vida útil e diminuindo substancialmente o chorume.

O uso de biogás, no entanto, tem seus riscos. Como é altamente inflamável, há riscos de manejo incorreto e possibilidade de acidentes. Como é, principalmente, de produção e consumo local, pessoas sem conhecimentos técnicos podem cometer erros, como no caso de um produtor rural tentar transferir o gás para um botijão ou utilizar este em motores de automóveis. Podem ocorrer vazamentos, colocando em risco moradores vizinhos. No caso de fazendas, há o problema sobre o que fazer com os resíduos (biofertilizantes), se estes não forem vendidos ou utilizados. O acúmulo deste material nas propriedades pode trazer riscos para a saúde, além de ocupar espaço.

O odor também é um problema, embora não seja grave. O metano, principal componente do biogás, não tem cheiro, cor ou sabor, mas os outros gases presentes conferem-lhe um ligeiro odor de alho ou de ovo podre. No caso do biogás proveniente de aterros, no entanto, há o mau cheiro do próprio aterro, o que já é um impacto para a vizinhança. Se o biogás for utilizado em grande escala (muitos projetos em um certo espaço geográfico), o biogás pode gerar poluição, com a emissão de metano para a atmosfera.

Em síntese, em aterros sanitários há duas maneiras de se produzir energia. Através da queima direta do lixo ou da gaseificação. No primeiro caso, há risco de emissão de gases como cloreto de hidrogênio, óxido de nitrogênio (NO).

Metais tóxicos podem ser liberados, como o mercúrio, e substâncias nocivas como dioxinas e furanos, que são cancerígenas, podem ficar concentrados nas cinzas (OLIVEIRA, 2003). Segundo informações do químico Paul Connett o mau funcionamento de incineradores ou uso além do tempo de vida útil, na Grã-Bretanha em 1993, foram responsáveis pela maior parte das emissões de dioxina. Longe de ser uma tecnologia provada universalmente, como defendem seus promotores, a incineração de lixo municipal com recuperação de energia foi uma vivência que depois de 20 anos deixou aos cidadãos dos países industrializados um legado de níveis inaceitavelmente altos de dioxinas e compostos a elas relacionados, nos alimentos, nos tecidos, em seus bebês e na vida silvestre.

Se a indústria tem lutado para tornar a incineração segura, eles têm, tal como a indústria de energia nuclear antes deles, se excluído do mercado. Além disso, como eles buscaram dispositivos de controle de poluição do ar para capturar os subprodutos extremamente tóxicos derivados da combustão, os resíduos resultantes têm se tornado mais problemáticos e caros de manusear, descartar e conter. Há ainda preocupações sobre a segurança dos incineradores, especialmente quando eles são construídos em países em desenvolvimento, que podem não tenham recursos para construir, operar ou os monitorar corretamente (CONNETT, 1998).

Além disso, segundo o mesmo autor, nos EUA e em vários outros países ricos, depois da energia nuclear, a incineração de lixo é a forma de geração de energia mais combatida. Mas a rejeição não ocorre só em países ricos: Em Bangladesh, nos anos 90 foi rejeitado um projeto de incineração de lixo proveniente de Nova Iorque, feito por uma empresa americana.

Por outro lado, mais recentemente muitos países têm conseguido diminuir tais emissões, através de desenvolvimento e aprimoramento dos incineradores. Os EUA e a Grã-Bretanha diminuíram em quase 100% estas emissões, enquadrando-se dentro de padrões aceitáveis (TOLMASQUIM *et alli.*, 2003, p. 113). Mas o risco permanece sempre presente, principalmente para populações vizinhas aos incineradores.

Há ainda rejeitos industriais ou outros, cuja incineração apresenta riscos. O caso dos pneus é, talvez, o que exija maiores cuidados, pois sua queima é altamente poluente.

Para os RSU, a destinação mais recomendada seria a reciclagem e a

compostagem, enquadrando-se em uma estratégia de uso integrado de recursos. A incineração apresenta sérios riscos, como o uso de equipamentos inadequados e antigos, que podem causar impactos significativos, principalmente danos à saúde, corrosão de metais ferrosos, chuva ácida, contaminação de animais e vegetais.

De forma geral, o biogás apresenta mais vantagens que desvantagens. Individualmente, o potencial do biogás é pequeno, mas no conjunto é diferente. Por exemplo, no caso de aterros sanitários, se metade dos municípios brasileiros tivessem aterros adequados – o que é uma exigência legal - com produção média de 5 MW de energia a partir de gás de aterro, teríamos cerca de 2.500 municípios  $\times$  5 MW = 12.500 MW, ou seja, o equivalente à produção em escala máxima de Itaipu.

### 3.1.3 Álcool e Bagaço de Cana de Açúcar

O álcool de cana-de-açúcar (álcool etílico ou etanol) já foi considerado a salvação da economia brasileira. Quando, nos anos 70, o preço do petróleo quadruplicou, para reduzir a dependência externa, o Brasil, que produzia apenas 15% das suas necessidades, decidiu intensificar a pesquisa de petróleo no país e substituir gasolina por álcool, ampliando substancialmente a produção deste combustível. Em meados dos anos 80, fruto do PRÓ-ÁLCOOL, a maior parte da frota de veículos de passeio brasileiros movimentava-se com etanol.

As duas políticas foram bem sucedidas, mas tomaram caminhos diferentes quando, em meados dos anos 80, os preços do petróleo voltaram a cair. A pesquisa do petróleo no Brasil se manteve, mesmo tendo as descobertas ocorrido em águas profundas, com custos de exploração acima dos preços praticados. Já a política do álcool, cujo uso estava em plena expansão, perdeu sua componente estratégica.

Sucessivos governos passaram a ver o Proálcool como uma pedra no sapato e o programa só não foi desfeito porque haviam milhões de veículos a álcool circulando, por que seu desuso aumentaria a poluição urbana e porque impactaria a balança de pagamentos em alguns bilhões de dólares com a importação de gasolina.

Atualmente, seu uso voltou a aumentar, sendo incorporado a uma

proporção de aproximadamente 25% à gasolina, existindo também um percentual crescente de carros flex. Há até mesmo pequenos aviões, motos e caminhões movidos a álcool. O Brasil produz de etanol (2005) cerca de 16 bilhões de litros (275 mil Bep/d) e consome 60% dessa produção. Mas com a exportação, sua produção pode dobrar futuramente. Nos EUA produz-se um outro tipo de álcool, o metanol a partir de milho.

Além disto, pode-se obter energia elétrica a partir da queima de um resíduo do processo de produção, o bagaço de cana de açúcar e o palhiço (ponteiros, folhas verdes e palha). Este processo é bastante comum em usinas produtoras de açúcar e álcool, principalmente no Estado de São Paulo. Mas hoje é bastante incentivado pelo PROINFA, o que torna o produto (bagaço) em uma das principais formas de ERSs a se expandir no Brasil. Há hoje mais de 40 projetos de implantação de usinas em todo o território nacional.

O consórcio com a fabricação de açúcar, álcool e, mesmo, aguardente racionaliza o processo de produção, fazendo com que quase todos os resíduos sejam utilizados, ou para produzir energia ou para produzir fertilizantes. De outra forma seriam lixo. Além disso, as usinas ao utilizarem processos de co-geração, tornam-se autoprodutoras de energia elétrica e não dependem de concessionárias. Além disso, podem comercializar o excedente de energia, obtendo mais uma fonte de renda.

O cultivo de cana de açúcar, quando não mecanizada, é grande geradora de emprego, principalmente de cortadores de cana. Embora tal trabalho possa ser considerado como degradante, devido às difíceis condições de trabalho e aos baixos salários, não deixa de ser uma fonte de renda para grandes contingentes de trabalhadores rurais.

Alguns subprodutos podem ainda contribuir para a cadeia produtiva da cana. Por exemplo, ácidos cítricos e lácticos, que são utilizados pela indústria de cosméticos, assim como, materiais de construção e plásticos biodegradáveis. Em relação à emissão de poluentes, ainda que os emita, é menor que a dos combustíveis fósseis e é compensado pela absorção de carbono pelas plantações de cana (TOLMASQUIM *et alli.*, 2003, p. 17).

Com manejo ambiental correto (sem a queima dos canaviais), absorve mais GEE do que expõe. Por fim, é uma tecnologia dominada pelo Brasil e pode ser parte de acordos internacionais e intercâmbio tecnológico, como já ocorre com

alguns países.

Porém, podem ocorrer impactos negativos, mesmo na etapa de planejamento. Muita euforia ou um planejamento energético que priorize estes tipos de combustíveis (o álcool, principalmente, pois, o bagaço de cana é apenas um subproduto) pode acarretar em grandes monoculturas de cana e a conseqüente diminuição da oferta de outros produtos agrícolas em determinada região. Por exemplo, para alcançar a meta de dobrar a produção nacional, “seriam necessários três milhões de hectares de cana-de-açúcar a mais do que hoje, totalizando nove milhões de hectares de área plantada”, afirma em entrevista o professor Miguel Dabdoub, presidente do projeto Biodiesel Brasil e da Câmara Paulista de Biocombustíveis. Mas isto exigiria maior disponibilidade de terras e, excetuando-se a Amazônia, são poucas as áreas disponíveis.

Uma avaliação preliminar elaborada por um grupo de especialistas atuando na Unicamp (Núcleo de Planejamento Estratégico) identificou um total de cerca de 250 milhões de hectares de terras férteis com pluviometria favorável, inclinação adequada para mecanização, logística satisfatória, baixo impacto ambiental e desimpedidas legalmente para o plantio de cana-de-açúcar. Essas áreas estão distribuídas por quase todos os Estados, com exceção daqueles inteiramente ocupados pela floresta amazônica.

Assim, 250 milhões de hectares resultariam em 22 milhões b/d. Mesmo considerando que o poder calorífico do petróleo e do álcool não é o mesmo, percebe-se que no Brasil o álcool poderia substituir o petróleo e resultaria, ainda, em maior geração de eletricidade, com a decorrente queima do bagaço de cana. O problema seria o risco de substituição de outras culturas, pois, do total levantado, possivelmente a maior parte está ocupada com outras culturas agrícolas.

Da mesma forma, tal processo pode incentivar a derrubada de florestas para o plantio de cana. Isto poderia ocorrer se o etanol tornar-se uma *commodity*, o que parece já estar acontecendo, com a incorporação à gasolina, em diversos países. A produção crescente pode ser boa ao país, em termos econômicos, pois seria mais um grande produto de exportação. Mas também pode incentivar a monocultura e o desflorestamento, como já ocorre com a soja. Conflitos nesse sentido já existem, como os projetos de instalação de usinas no Pantanal Mato-grossense.

Outro problema sério está no manejo das plantações. No Brasil ainda é

comum a queima das plantações para facilitar o corte, gerando fumaça e fuligem. Isto não só reduz a qualidade dos solos (queima de nutrientes e diminuição do nível de húmus) como causa doenças respiratórias e acidentes de trânsito. Além disso, lança na atmosfera poluentes que contribuem para o aquecimento global.

A queima da palha do canavial visa facilitar e baratear o corte manual. Assim, a produtividade do cortador aumenta de 2 para 5 toneladas ao dia. Os custos do carregamento e transporte também são reduzidos e aumenta a eficiência das moendas que não precisam interromper seu funcionamento para limpeza da palha. Vários estudos afirmam que a queima libera gás carbônico, ozônio, gases de nitrogênio e de enxofre (responsáveis pela chuva ácida). Liberam também a indesejada fuligem da palha queimada (que contém substâncias cancerígenas) e provocam perdas significativas de nutrientes para as plantas, facilitando o aparecimento de ervas daninhas e a erosão, devido à redução da proteção do solo. As internações por problemas respiratórios, intoxicações e asfixias aumentam consideravelmente durante a safra de cana (AMBIENTE BRASIL, 2005).

Acrescente-se a isto que, como resultado da queima do bagaço, resta a cinza, que deve ter uma destinação adequada. Isto pode ser feito depositando-a em um aterro ou transformando-a em subprodutos, como adubo ou material para olarias.

Em termos socioeconômicos, devido à volatilidade dos mercados, há risco de desestruturação de todo um setor. O mercado internacional de preços pode induzir a produção ora de álcool, ora de açúcar ou a plantação de outro produto. Isto pode acarretar, por exemplo, na opção pela produção de açúcar, como ocorreu no final dos anos 80, contribuindo para o fim do PRÓ-ÁLCOOL. Tal hipótese traria imensos danos socioeconômicos, pois uma economia nacional ou regional estaria dependente de álcool combustível e, repentinamente, este se tornaria escasso.

Há ainda, risco de contaminação ambiental através de lançamento de vinhoto, um subproduto da destilação da cana. Para cada litro de álcool se produz cerca de 10 litros de vinhoto. O vinhoto, após ser tratado, pode ser utilizado como fertilizante, porém, se não for bem protegido de acidentes e lançado nos rios e lagos, pode provocar graves problemas ecológicos, pois tal produto serve de alimento para bactérias. Essas bactérias, ao encontrarem o alimento em grande quantidade, desenvolvem-se e multiplicam-se rapidamente, podendo causar mortandade de peixes e outros seres aquáticos.



No caso acidentes e/ou vazamento de álcool combustível, pode acarretar na contaminação do solo, rios ou fontes d'água, com graves impactos sociais. Mesmo no caso de sua adição à gasolina. Por exemplo, segundo estudos da SINMEC/UFSC o risco de contaminação, no caso de um vazamento de gasolina brasileira, poderá acentuar-se devido à presença do álcool, pois sua degradação é retardada (...) Num derramamento de combustível, o álcool altera os processos de co-solvência e biodegradação da gasolina, aumentando o risco, uma vez que a biodegradação é retardada.

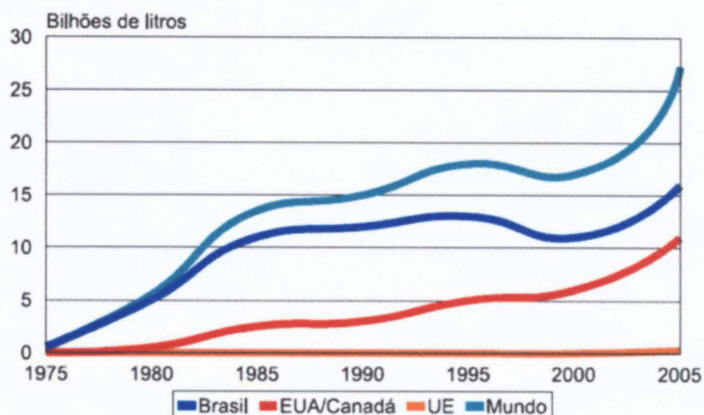
Politicamente, há uma complicação que é o fato de existir no Brasil um poderoso *lobby* de usineiros. Como desde seus primórdios o cultivo de cana de açúcar foi uma das principais atividades, há toda uma cultura social e política em torno deste produto, de forma que os produtores rurais e industriais do ramo são muito organizados. Desta forma, podem obter mais facilmente vantagens políticas e econômicas, ao contrário de empreendedores de outras ERSs.

Em síntese, em termos socioambientais, o álcool etílico tem um grande potencial e vantagens comparativas em relação aos combustíveis fósseis. Mas sua utilização em grande escala pode resultar em impactos negativos de grande monta, principalmente, os riscos decorrentes de monoculturas e ao manejo inadequado na colheita. Certamente consiste em uma ERS das mais promissoras, assim como, o bagaço de cana na geração de eletricidade (produção de 102 milhões de Toneladas em 2004, das quais apenas 6 % foram utilizadas para produzir eletricidade). Mas individualmente não resulta na solução de todos os problemas.

O Brasil é o país mais avançado do mundo, do ponto de vista tecnológico, na produção e no uso do etanol como combustível, seguido pelos EUA e, em menor escala, pela Argentina, Quênia, Malawi e outros. A produção mundial de álcool aproxima-se dos 40 bilhões de litros, dos quais presume-se que até 25 bilhões de litros sejam utilizados para fins energéticos. O Brasil responde por cerca de 16 bilhões de litros deste total.

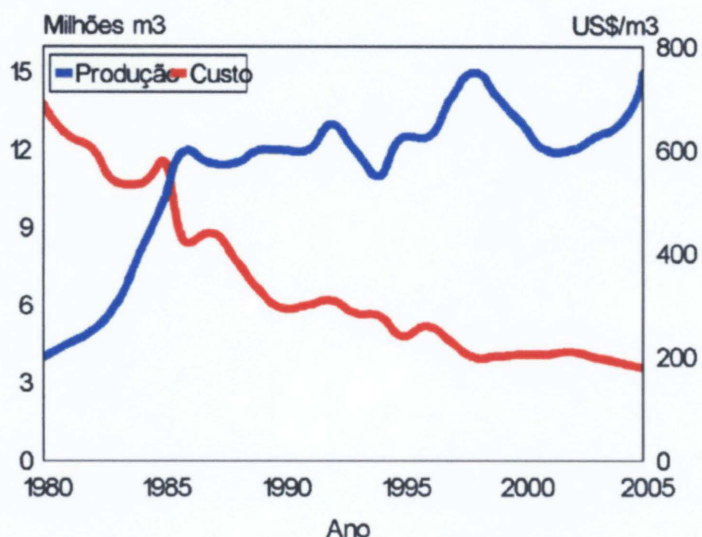
O álcool é utilizado em mistura com gasolina no Brasil, EUA, UE, México, Índia, Argentina, Colômbia e, mais recentemente, no Japão. O uso exclusivo de álcool como combustível está concentrado no Brasil. A Figura 2 compara a produção de etanol em diferentes países e a Figura 3 demonstra como o ganho de escala, a prática empresarial e as inovações tecnológicas tornaram o álcool competitivo com a gasolina.

Figura 2. Produção Mundial de Etanol.



Fonte: Elaboração D. L. Gazzoni, a partir de diversas fontes

Figura 3. Produção e custo do etanol no Brasil.



Fonte: Elaboração D. L. Gazzoni

Investimentos de grande porte estão sendo efetuados para viabilizar a produção de álcool a partir de celulose, sendo estimado que, em 2020, cerca de 30 bilhões de litros de álcool poderiam ser obtidos desta fonte, apenas nos EUA. O benefício ambiental associado ao uso de álcool é enorme, pois cerca de 2,3 t de CO<sub>2</sub> deixam de ser emitidas para cada tonelada de álcool combustível utilizado, sem considerar outras emissões, como o SO<sub>2</sub>.

A cana-de-açúcar é a segunda maior fonte de energia renovável do Brasil com 12,6% de participação na matriz energética atual, considerando-se o álcool combustível e a co-geração de eletricidade, a partir do bagaço. Dos 6 milhões de hectares, cerca de 85% da cana-de-açúcar produzida no Brasil está na Região

Centro-Sul (concentrada em São Paulo, com 60% da produção) e os 15% restantes na região Norte-Nordeste.

Na safra 2004, das cerca de 380 milhões de toneladas moídas, aproximadamente 48% foram destinadas à produção de álcool. O bagaço remanescente da moagem é queimado nas caldeiras das usinas, tornando-as auto-suficientes em energia e, em muitos casos, superavitárias em energia elétrica que pode ser comercializada. No total foram produzidos 15,2 bilhões de litros de álcool e uma geração de energia elétrica superior a 4 GWh durante a safra, o que representa aproximadamente 3% da nossa geração anual.

Apesar de todo o potencial para a co-geração, a partir do aumento da eficiência energética das usinas, a produção de energia elétrica é apenas uma das alternativas para o uso do bagaço. Também estão em curso pesquisas para transformá-lo em álcool (hidrólise lignocelulósica), em biodiesel, ou mesmo, para o seu melhor aproveitamento pela indústria moveleira e para a fabricação de ração animal.

#### 3.1.4. Óleos Vegetais

Trata-se de óleo vegetal, extraído a partir de uma reação com um álcool intermediário, utilizado como catalisador. A idéia do diesel vegetal ou biodiesel é antiga. O próprio inventor do motor a combustão interna, Rudolph Diesel, apresentou inicialmente a possibilidade de utilizar petróleo e óleos vegetais (álcool e óleo de amendoim) como combustíveis. Na Exposição Universal de Paris, em 1900, foram apresentadas as três opções.

É um combustível biodegradável derivado de fontes renováveis, que pode ser obtido por diferentes processos tais como o craqueamento, a esterificação ou pela transesterificação. Pode ser produzido a partir de gorduras animais ou de óleos vegetais, existindo dezenas de espécies vegetais no Brasil que podem ser utilizadas, tais como mamona, dendê (palma), girassol, babaçu, amendoim, pinhão manso e soja, dentre outras.

O biodiesel substitui total ou parcialmente o óleo diesel de petróleo em motores ciclodiesel automotivos (de caminhões, tratores, camionetas, automóveis, etc) ou estacionários (geradores de eletricidade, calor, etc). Pode ser usado puro

ou misturado ao diesel em diversas proporções. A mistura de 2% de biodiesel ao diesel de petróleo é chamada de B2 e assim sucessivamente, até o biodiesel puro, denominado B100.

Conforme determinação do Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB) a partir de janeiro de 2008 todo diesel de petróleo vendido no Brasil deverá conter 2% de biodiesel.

A dificuldade inicial dos biocombustíveis era de ordem técnica, isto é, o acúmulo de carbono e resíduos gordurosos, o que não acontecia com o petróleo filtrado (TOLMASQUIM *et alli.*, 2003, p.131). Ainda assim, muitos projetos surgiram em países diversos, principalmente, antes do término da Segunda Guerra. A primeira patente de biodiesel, a partir de amendoim e metanol, foi depositada no Japão, nos anos 40. Posteriormente, os norte-americanos patentearam outros 3 produtos. No entanto, só recentemente têm sido encarado como alternativa energética de maior escala. Além do Brasil, em várias regiões do mundo, principalmente na Europa, assim como Argentina e Índia há projetos de desenvolvimento deste combustível.

No Brasil, é uma das possibilidades mais promissoras, em termos de ERSs, enquadrando-se no projeto governamental de progressiva incorporação ao óleo diesel, Programa Nacional do Biodiesel (PNB). Os primeiros projetos nesta área surgiram nos anos 80, porém, não foram adiante, por razões econômicas. Segundo Miguel Dabdoub, o programa brasileiro não vingou nessa época “por motivos econômicos. Faltou uma visão estratégica de longo prazo que permitisse a superação das deficiências tecnológicas como foi feito com o programa do álcool”. O Engenheiro Químico cearense Expedito Parente, proprietário da primeira patente de biocombustível no Brasil (posteriormente passada a uma empresa), complementa que não havia motivação, “a produção de petróleo do país começou a crescer, o preço do petróleo caiu. E a Petrobrás não deu a mínima bola para o combustível, apesar de eu ter procurado a empresa muitas vezes. Na verdade, eles nunca deram realmente valor, não enxergaram”.

O biodiesel pode ser obtido a partir de uma ampla variedade de produtos: Soja, colza, canola, mamona, andiroba, girassol, pequi, milho, macaúba, óleo de fritura (vegetal ou animal), algodão, babaçu, dendê (palma), nabo forrageiro, licuri, amendoim, babaçu, pinhão-brabo, frutas amazônicas (buriti, patauá, muru-muru). A estrutura de produção da maioria destes vegetais tem potencial de

desenvolvimento local, ficando sua utilização como combustível restrita a regiões específicas. Alguns produtos são utilizados para outras finalidades, como no caso do milho, girassol e soja, podendo sustentar uma produção em larga escala. Outros, no entanto, têm uso mais restrito, como a mamona e óleo de dendê, mas têm grande potencial crescimento, assim como o óleo de fritura. Em 2003 a União Européia fixou em 5,75% em 2010, o objetivo para incorporação do biocombustível à gasolina e ao diesel. Individualmente, França, Alemanha e Suécia adicionam biodiesel ao óleo diesel, com finalidades diversas.

O biodiesel pode substituir o diesel derivado de petróleo, como já ocorre em inúmeras experiências, no Brasil e no mundo, por exemplo: Em ônibus, caminhões, tratores, motores e locomotivas, em Maringá, Curitiba, Ribeirão Preto, Rio de Janeiro, Mossoró, Fortaleza, Brasília e muitas outras cidades. Entretanto, em quase todas elas ainda não há um uso comercial. Estão em fase de testes, em alguns casos há mais de 3 anos. Aparentemente, a passagem da fase de testes para o uso comercial é um grande nó.

O Brasil consome 40 bilhões de litros de óleo diesel por ano ou 689 mil Bep/d. O atual projeto de incorporação de 2% de biodiesel significaria uma substituição de aproximadamente 13.700 Bep/d ou 800 milhões de l/ano. Se o percentual subir a 10%, seriam 68.900 Bep/d de diesel substituídos ou 8 bilhões de l/ano.

Em outros países, a produção é variável. Na Europa, em 2004 produziu-se de biodiesel mais de 39 mil Bep/d. França e Itália produziram, respectivamente, 7.222 e 6.641 Bep/d. A Alemanha, em 2005, produziu 20.750 Bep/d, a partir de óleo de canola, com expectativa de dobrar a produção nos próximos anos.

Nos EUA, em 2004, foram produzidos 7.430 Bep/d. Outros países também apostam na alternativa do biodiesel, principalmente como produto de exportação. Em 2004, a Indonésia produziu 10,8 milhões de toneladas de óleo de palma (dendê) (224 mil Bep/d). A Malásia produziu 13,9 milhões (288 mil Bep/d). A China produziu, em 2005, cerca de 10.000 Bep/d, a partir de óleo de colza e óleo de fritura usado. A Nicarágua desenvolveu, nos anos 90, um projeto de biodiesel a partir de pinhão-mansão, porém, o projeto não foi adiante, principalmente, devido a problemas no modelo de produção agrícola, ao excessivo número de agentes, a uma logística complexa e a uma gestão ineficiente.

Inúmeras vantagens podem derivar de uma estrutura energética com

grande participação dos biocombustíveis, a começar pelas suas qualidades ambientais. Segundo o Prof. Fontana Os efeitos mais imediatos da mistura de biodiesel ao óleo diesel é a significativa redução de inconvenientes ambientais tais como hidrocarbonetos não queimados (HC), monóxido de carbono (CO) e matéria particulada.

De acordo com TOLMASQUIM *et alli.* (2003), há ainda, uma redução de entre 78 e 100% na emissão de GEE, assim como, de óxidos de enxofre. Por outro lado, há aumento de emissão de NOx, em 13%. Em caso de vazamento é facilmente biodegradado, ao contrário dos derivados de petróleo.

Como vantagem técnica, o biodiesel não precisa ser adaptado, para utilização em motores do ciclo diesel, como acontece com o gás natural ou com o biogás. Não causa corrosão no motor, não carboniza os bicos injetores de combustível e melhora a partida do veículo por ser menos denso e fluir melhor nas mangueiras e dutos. Melhora a lubricidade, conforme constata Fontana (id.) A ASA - American Soybean Association -, maior patrocinadora do uso de biodiesel nos EUA, informa que a adição de apenas 2% de biodiesel ao diesel acarreta um acréscimo de 100% na sua lubricidade.

Lubricidade é proporcional à duração do ciclo de vida de um motor a diesel (onde a pressão provoca a ignição comparativamente a um motor do ciclo Otto ou a gasolina onde há a faísca da vela para o mesmo fim). Há esforço internacional para a redução do conteúdo de enxofre do óleo diesel para um patamar de apenas 15 ppm (partes por milhão), mas esta redução também implica em perda (parcial) da lubricidade.

Como subprodutos da produção do biodiesel, temos a glicerina, "substância de alto valor agregado, usada por indústrias farmacêuticas, de cosméticos e de explosivos. Uma tonelada de glicerina chega a custar US\$ 1,3mil". Além disso, no processo de extração do óleo, obtêm-se resíduos vegetais variados, que podem ser utilizados como ração animal.

Autoprodução de combustível para a agricultura, alimentando tratores, caminhões e motores. Alternativa sustentável para a Amazônia, evitando o desmatamento, através de um manejo sustentável de frutas da região. Neste caso, não haveria problemas de transporte, pois, os rios amazônicos são calhas naturais. Tal alternativa pode ser inserida em projetos vinculados ao Tratado de Kyoto, adicionando valor à produção.

Inclusão social: É uma fonte de renda para pequenos, médios e grandes produtores. A variedade de produtos significa a dispersão da produção por todas as regiões, o que não ocorre com o petróleo. A produtividade varia de produto a produto, mesmo assim compensa, no caso de produção e consumo local, pois evita custos de transportes,

Uma das vantagens do novo combustível é a possibilidade de produzi-lo a partir do óleo de várias plantas. São oleaginosas com diferentes índices de produtividade e adaptação ao mosaico regional do país. Assim, a soja produz 400 litros (l) de óleo por hectare (ha), o girassol, 800 l/ha, mamona, 1.200 l/ha, babaçu, 1.600 l/ha, dendê, 5.950 l/ha, pequi, 3.100 l/ha, milho, 160 l/ha, algodão 280 l/ha e macaúba 4 mil l/ha.

Isto pode produzir uma economia de escala muito mais democrática que aquela derivada do petróleo. Por exemplo, o cultivo e colheita da mamona são intensivos em mão-de-obra, contribuindo para a criação de empregos e distribuição de renda para populações excluídas nas regiões mais carentes. Além disso, a mamona é facilmente adaptável ao semi-árido do Nordeste.

Assim como no caso da cana-de-açúcar, o uso em grande escala pode acarretar em grandes monoculturas regionais, em detrimento de outros produtos agrícolas e mesmo, de florestas. É o que avalia o jornalista Washington Novaes: o Programa Nacional do Biodiesel (PNB) Pode até repetir erros e agravar alguns problemas. É o que diz, por exemplo, estudo da Fundação La Guardia (italoamericana) e do economista e ecologista Luiz Prado, que foi secretário do Meio Ambiente do Espírito Santo e presidente da Fundação Estadual do Meio Ambiente do Rio de Janeiro.

Dizem eles que é alto o risco de o programa gerar concentração da renda e da propriedade rural, contribuir para o êxodo de populações para as periferias urbanas e repetir erros que deveriam ter sido evitados já no Proálcool (além desses, a expulsão das culturas de alimentos para longe dos maiores centros consumidores, contribuindo para o encarecimento de preços). Justificam esse raciocínio casos concretos observados em cultivos de mamona no Piauí, de dendê no Pará, e outros, nos quais a produção está dissociada da presença de esmagadoras locais - o que leva ao compromisso de entrega a grandes esmagadoras, situadas a grandes distâncias. Além de transferir para estas os ganhos com agregação de valor, isso gera também altos custos de transporte para

os fornecedores.

O estudo finaliza afirmando que não há incentivo para a formação de cooperativas nem associativismo. A falta de políticas públicas nesse sentido pode inviabilizar o Programa, ou fazer com que perca seu papel estratégico de alavancar políticas de inclusão social. Se não existir programas para instruir os agricultores em matéria de gerenciamento e cuidados ambientais pode ocorrer fenômeno como nos anos 80, quando inúmeras mini-usinas de álcool, devido a tais problemas, acabaram fechando. Acrescente-se que o valor de um produto primário é quase sempre muito baixo, principalmente na agricultura. Se um pequeno agricultor vender apenas o produto sem beneficiamento, provavelmente não poderá se sustentar. Daí a importância de projetos coletivos de beneficiamento.

De fato, segundo dados da Embrapa, o simples processo de esmagamento e a venda do óleo bruto agregaria cerca de 300% ao valor de venda da matéria prima. "Hoje, se vende 1 kg de semente de mamona a 60 centavos. Este quilo produz 45% de óleo, cuja tonelada é vendida por um preço que varia de 800 a mil dólares. Sem contar que o agricultor ficaria com o subproduto, a torta de mamona, que, tratada, pode servir de ração animal ou adubo", explica Odilon Ribeiro, pesquisador da Embrapa.

A maior necessidade de áreas agrícolas pode acelerar o desmatamento e o conseqüente desequilíbrio ambiental, principalmente se o consumo de biodiesel tiver abrangência nacional ou internacional. É o que está ocorrendo na Malásia e na Indonésia, com o alastramento de plantações de dendê, para produção de óleo ou confecção de diversos produtos de exportação. A ONG "Amigos da Terra" acusa os produtores de dendê de terem causado grandes queimadas, acabando com 90% do habitat dos orangotangos. Calcula-se que um terço destes primatas em risco de extinção tenha sido eliminado, apenas no ano de 1998. Além disso, a fumaça destas queimadas em grande escala gera problemas ambientais e riscos à saúde humana.

Há ainda impactos ambientais da queima do biodiesel, como a maior emissão de NOx, que gera o *Smog* e contribui para o surgimento e agravamento de doenças respiratórias (TOLMASQUIM *et alli.*, 2003, p. 141). A utilização em grande quantidade pode gerar muitos resíduos, podendo haver problemas com o despejo em locais inapropriados. Ou ainda, no caso de vazamento ou acidentes no transporte contaminar solo, subsolo, rios e fontes de abastecimento d'água. Os



biocombustíveis se degradam com mais facilidade que os derivados de petróleo, mas ainda assim oferecem riscos.

Além disso, há a concorrência do mercado de produtos agrícolas, ou seja, o livre mercado é que determina o que é mais vantajoso produzir. Tal hipótese acarretaria em graves prejuízos socioeconômicos, como no caso dos preços de biocombustíveis caírem abruptamente devido à inconstância do mercado.

O biocombustível é uma alternativa das mais viáveis para a substituição de fontes tradicionais. Mas um planejamento estrutural requer cuidados: necessidade de infra-estrutura, apoio técnico aos agricultores, construção de usinas de esmagamento locais, para evitar que os agricultores sejam apenas fornecedores de matéria-prima e que grandes corporações acabem dominando o mercado.

O início da comercialização obrigatória de biodiesel no país se dará apenas no final do ano corrente, mas a Esso Brasileira de Petróleo já colocou em prática as medidas de adaptação ao combustível alternativo e efetuou as primeiras vendas. Como parte de um projeto-piloto pioneiro no interior de São Paulo, o Pool de Ribeirão Preto deu início ao processo de adição de 2% de biodiesel ao diesel de petróleo e, no final do ano passado, realizou dois carregamentos. O primeiro, em 19 de dezembro/2006, para o cliente Companhia de Bebidas Ipiranga (fábrica da Coca-Cola em Ribeirão Preto), e o segundo, no dia 27 de dezembro/2006, para Posto Galo Branco.

Até realizar a primeira entrega - que totalizou 20 mil litros (19,6 mil litros de diesel interior e 400 litros de biodiesel) - o armazém passou por um importante processo de adaptação. Durante cerca de nove meses, realizou um estudo das instalações e iniciou o cumprimento da adequação dos equipamentos, conforme as normas exigidas pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB) e pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial.

A primeira descarga de B100 - biodiesel puro produzido pelas usinas - recebida pelo pool, em 07 de dezembro de 2006, foi um sucesso. Atualmente, o Armazém de Ribeirão Preto é o único da região que possui o B100 em estoque, assim como o Posto Galo Branco - segundo cliente a adquirir o novo combustível da Esso, que lidera a revenda do B2 em Ribeirão Preto. Outros armazéns que também fizeram parte do projeto-piloto devem iniciar a comercialização do produto durante o primeiro semestre deste ano, como o de Recife e, posteriormente, de

Campos Elíseos.

A Esso planeja ainda adaptar 42 bases da companhia até dezembro de 2007 para atender à demanda de biodiesel do mercado brasileiro. "Nosso foco será manter uma relação comercial direta com os produtores assim como fazemos no caso do álcool. As dificuldades de suprimento neste momento do programa podem surgir, mas serão sanadas na medida em que o programa começar a evoluir e a comercialização passe a ser efetuada diretamente entre produtores e distribuidoras", explicou Sidnei Mendes Coordenador de Suprimentos da companhia.

A convite da Coordenação do Laboratório de Desenvolvimento de Tecnologias Limpas (LADETEL) da Universidade de São Paulo (USP), a Esso participou, nos últimos dois anos, de uma pesquisa sobre a utilização de biodiesel em veículos, incorporada ao programa governamental para aprovação do uso da mistura.

Outros países - principalmente da Europa - já adotam o biodiesel como combustível alternativo, em proporções que variam de 2% a 5%. A Esso Brasileira de Petróleo é uma das primeiras afiliadas da ExxonMobil a comercializar o produto.

### 3.2 EÓLICA

O aproveitamento dos ventos é um dos usos de fontes de energia renovável que mais cresce no mundo por se caracterizar como forma de energia com poucos impactos contribuindo para a preservação do meio ambiente. Desde 1995, a capacidade mundial de produção de energia eólica quase quintuplicou. A Alemanha é o país que mais gera energia eólica. Na Dinamarca, no entanto, geram-se cerca de 20% de sua demanda. Vários países, inclusive o Brasil, investem em grandes projetos nesta área.

Por outro lado, apesar deste crescimento espetacular, é uma fonte de energia pouco expressiva na matriz energética da maioria dos países, mesmo dos que têm implementado vários projetos nesta área, como os EUA. O potencial de geração é muito maior do que o ritmo de crescimento atual.

Na verdade, não há consenso sobre se tal forma de energia poderia substituir os combustíveis fósseis ou suprir o constante aumento do consumo.

Quem a defende afirma que o potencial eólico seria suficiente para suprir a necessidade de grandes países consumidores, como EUA e China, assim como, vários países da Europa. Os críticos, ao contrário, afirmam que, isoladamente, a energia eólica não daria conta do imenso consumo de eletricidade. Seria apenas complementar.

Além disso, ainda seria mais cara que as fontes tradicionais, embora já seja competitiva, pois, tais custos caíram drasticamente nas últimas duas décadas.

A maior vantagem da energia eólica é o seu menor custo socioambiental. Acarreta em poucos impactos, pois não emite gases poluentes, a não ser indiretamente, na produção de equipamentos e materiais. Assim, contribui para a redução de emissões de GEE, cada 10 MW de energia eólica, produzida com a tecnologia já disponível, evita a emissão de mais de 20 mil toneladas de carbono por ano. Sem nenhum outro tipo de poluição.

Outra importante vantagem é o uso em conjunto com a agropecuária, não precisando, necessariamente, desapropriar os proprietários de uma área com parque eólico. Além disso, pode ser uma fonte de ganhos superiores aos da agropecuária. Lester Brown pondera que em 1 acre de terra (ou ¼ Ha) um fazendeiro norte-americano pode arrecadar anualmente US\$ 100 com milho, US\$ 120 com trigo ou US\$ 25 com carne. Se esta for uma área com excelentes condições de vento (pelo menos 7 m/s), poderá arrecadar anualmente cerca de US\$ 2.000 através de *royalties* da geração de energia. Este fator poderia significar, futuramente uma valorização das terras onde há tal potencial eólico. Pode-se, ainda, instalar parques eólicos *off shore*, isto é, no mar – mesmo em alto mar – alguns países europeus possuem usinas nestes locais. Nestes casos, pode-se mesclar ainda com outras formas de energia, como a maremotriz e energia das ondas.

Atualmente, seus custos econômicos estão em queda e com o tempo, resultaria em uma energia muito barata. O fato de se ter uma pequena economia em escala favorece a diminuição de custos de equipamentos e de sua manutenção. Em termos políticos pode implicar na ou contribuir para a independência energética, ao possibilitar a autoprodução, evitando, ainda, a formação de cartéis.

O “combustível” utilizado é o vento, portanto, não tem custo, além de ser inesgotável. Se futuramente, de fato, ficar muito barata, poderá ser uma fonte

primária para produção de energia e a partir daí alavancar mudanças também no setor de transportes.

Se analisarmos numa lógica estritamente econômica, observamos que a energia eólica possui uma pequena cadeia produtiva, pelo menos em comparação à do petróleo. Não gera subprodutos nem precisa da quantidade de materiais necessários para outras formas de energia, como a hidroeletricidade e o petróleo. Além da produção de energia (ou possíveis usos simultâneos em outras atividades, como a agropecuária), gera riqueza apenas no que se refere à produção de equipamentos e compensações financeiras a municípios e proprietários. Quanto à construção e operação, exigem menos mão de obra, ou seja, cria menos empregos que outras formas de geração de energia.

Além disso, alguns impactos podem existir. É o caso da geração de ruídos audíveis (ou de baixa frequência) nas proximidades dos geradores, alterando o ecossistema local. Além de possíveis incômodos para populações humanas vizinhas, pode ainda, interferir na fauna local. Por exemplo, pássaros podem abandonar a área ou, no caso de aves migratórias, deixarem de frequentar o local.

No entanto, estudos sobre tais impactos na Europa não verificaram impactos sérios (CAMARGO, 2005, p. 101). Também produzem alteração estética. Suas torres e hélices alteram a paisagem, podendo descaracterizar uma área, principalmente se for área litorânea, pois estas são, em geral, áreas de lazer e veraneio. Por outro lado, como estética implica em subjetividade, podem ocorrer situações em que um parque eólico se transforma em atração turística, devido a sua “beleza”.

Em termos técnicos, pode haver inconstância no regime de ventos, por exemplo, bons ventos apenas em certos períodos do ano, ou mesmo, do dia. Em termos comparativos, as fontes tradicionais são mais constantes, por permitirem um acúmulo de combustíveis ou material para geração, como as águas de uma represa. Por fim, as hélices de metal dos rotores podem interferir em transmissões de rádio e televisão (interferência eletromagnética). Estes impactos, no entanto, podem ser minorados ou eliminados através de planejamento e desenvolvimento tecnológico (TOLMASQUIM *et alli.*, 2003, p. 218).

A energia eólica é a que aparenta ser a ERS com maior potencial de uso em grande escala. Seus custos socioambientais são muito menores que os de fontes tradicionais e, para uma lógica de sustentabilidade, isto é um fator

importantíssimo. Como vimos, os seus custos econômicos já são competitivos. Os impactos negativos podem ser minorados e os fatores técnicos deficientes podem ser compensados com a escolha de melhores sítios ou de PD&I. No entanto, enquanto alguns países a priorizam, outros, como o Brasil, não dão importância a esta fonte. O potencial brasileiro é superior ao da Alemanha, o país mais avançado nesta área, mas apenas uma pequena fração deste potencial é utilizada, no final de 2005, 31 MW contra 17.700 MW da Alemanha.

A geração de energia elétrica pela fonte eólica corresponde a menos de 0,2% da matriz brasileira. Sete das 14 usinas que usam o vento como combustível estão no Nordeste, região com maior potencial. Os custos da energia variam de acordo com o rendimento de cada unidade. Relatórios da Eletrobrás, apontam que a cifra oscila entre R\$ 207,32 R\$/MWh e 235,13 R\$/MWh. Quanto maior o fator de capacidade, menor o preço.

Embora o potencial mais significativo esteja no Nordeste, as condições também são favoráveis nas regiões Norte e Sul, onde fica o maior parque eólico do Brasil, na cidade de Osório-RS. Parte integrante do Proinfa, o parque conta com duas unidades de 50 MW e está em expansão.

A Petrobras já produz energia em sua primeira unidade-piloto de energia eólica com potência instalada de 1,8 MW no campo de produção de Macau, no Rio Grande do Norte, mantendo, ainda, inúmeros pontos de medição de potencial eólico no país, estratégicos para suas metas de produção.

Um grande desafio hoje é a formação de mão-de-obra especializada e a adaptação dos equipamentos para produção de energia eólica às condições de clima do Brasil.

### 3.3 SOLAR

Há 3 formas de uso de energia solar. O uso direto, vinculado, principalmente ao uso doméstico, como aquecimento de piscinas, caixas d'água, luminosidade (arquitetura solar) – esta é denominada energia solar passiva. E a energia solar ativa. Neste caso, pode ser térmica (ou heliotérmica) onde, de forma direta aquece a água, gerando vapor que, por sua vez, movimentará geradores. E a fotovoltaica, onde se produz eletricidade a partir de placas coletoras, eletricidade

que pode ser utilizada diretamente ou armazenada em baterias.

As qualidades socioambientais da energia solar são várias, porque emite muito menos poluentes que as fontes tradicionais e por não resultar em processos de relocação de população. Projetos de energia fotovoltaica podem ser implantados em áreas de grande radiação solar e sem potencial para agropecuária, como a região árida do nordeste brasileiro ou em desertos.

Onde há abundância de recursos hídricos, aliado a um bom potencial de radiação, pode-se criar projetos de energia térmica solar. No Brasil há um grande potencial para a energia solar (MARTINS *et alli.*, 2004). Dados preliminares realizados pelo projeto SWERA (Solar and Wind Energy Resource Assessment), um projeto da ONU, realizado em 13 países em desenvolvimento, constatou que Nordeste, interior de Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, interior de São Paulo e Paraná são propícios à exploração da radiação solar para a geração de energia elétrica. O coordenador do projeto no Brasil, Enio Bueno Pereira do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), conta que as áreas de Minas, Bahia e Pernambuco têm um nível muito maior de irradiação, por causa da pouca variabilidade do clima. "Há uma constância no tempo e poucas nuvens, o que permite a exploração durante todo o ano".

O mapeamento descobriu que a região Sul tem níveis de radiação maiores do que a Amazônica, isto porque, explica Pereira, a floresta - apesar de estar próxima da linha do Equador - sofre com fortes chuvas e nebulosidade intensa. Já o Sul tem a potencialidade de uso da energia solar para o aquecimento, mesmo no inverno. "A energia solar pode ser usada para aquecer a água durante os dias mais frios", exemplifica o professor.

O mesmo pesquisador pondera que, ainda que os dados sejam imprecisos, o potencial solar é imenso, fazendo a seguinte comparação:

Se toda a área alagada da Usina de Itaipu (170 km<sup>2</sup>) fosse coberta com coletores solares, isso seria suficiente para produzir cerca de 125 mil (GWh/ano) ou quase metade do consumo total de energia do País (300 mil GWh/ano). A região mais promissora é o Nordeste, com uma incidência superior a 6 kWh/m<sup>2</sup>/ano. Mesmo nos dias mais nublados do Ceará, a incidência de radiação solar é de 4,5 kWh/m<sup>2</sup>/dia, enquanto na Alemanha, onde essa energia é mais usada, a incidência é de 0,8 kWh/m<sup>2</sup>/dia.

A energia solar pode representar um grande ganho energético no uso

doméstico, como aquecimento d'água, diminuindo assim, um dos maiores gastos de energia residencial, ou seja, o uso de chuveiros elétricos. Uma pesquisa realizada pela Eletrobrás em 2000, demonstrou que, em 100 residências com aquecedores solares, analisadas durante 12 meses, resultou em uma redução média de 30% no consumo de energia e 40% no valor a ser pago cada mês (TOLMASQUIM *et alli.*, 2003, p. 249). Se isto fosse disseminado, como em Israel, onde perto de 80% das residências têm coletores solares, a redução do consumo residencial seria muito significativa. Além disso, uma arquitetura que leve em conta a luminosidade solar pode diminuir bastante o consumo de energia para iluminação.

Uma das maiores desvantagens do sistema é a geração de energia intermitente, apesar de alta nos momentos de pico, oscila durante o dia, sendo baixa no início e no final do dia. Dependendo da estação do ano e da quantidade de dias nublados ou chuvosos, ou mesmo de fumaça de queimadas, a geração de energia iria variar bastante. Isto significa que, isoladamente, apesar de seu potencial, e por não produzir à noite, não poderia gerar toda a energia necessária em uma região, a não ser que se desenvolvessem potentes acumuladores de energia. Além disso, tais oscilações na geração de energia exigem um grande trabalho de conciliação com a produção por fontes convencionais, que são mais estáveis.

Mas este problema tem solução: uma usina mista, com fontes de energia solar e outra mais estável, como por exemplo, termelétrica a gás natural. Desta forma, pode-se equilibrar a produção de energia. No caso de geração térmica praticamente não há impactos negativos: somente a possível descaracterização da paisagem, em caso de um grande projeto com inúmeros espelhos coletores ou pela liberação de vapor na atmosfera. Ou ainda, risco de lançamento de água quente em locais inapropriados (poluição térmica).

Para geração fotovoltaica, se armazenada em baterias, pode gerar alguns impactos. As baterias são ambientalmente perigosas, pois o processo de fabricação das placas acumuladoras requer cuidados com a manipulação de materiais tóxicos como arsênio e cádmio; além disso, há o problema do que fazer com as baterias com vida útil vencida (entre 4 e 5 anos), como ocorre atualmente com baterias de carro ou de telefones celulares. A fabricação em grande quantidade destas baterias poderia resultar em acúmulo de material tóxico, com

graves riscos ambientais e à saúde. Outra desvantagem é que os equipamentos são quase todos importados.

A energia solar é considerada uma forma de energia promissora, porém, seus custos ainda são muito altos. Mas estes custos se referem basicamente aos custos de instalação, incluindo a compra de equipamentos. Por outro lado, não há custo com “combustível” (energia do sol), de forma que apenas o investimento inicial é mais oneroso.

Para diminuir suas desvantagens, é comum a elaboração de projetos mistos, (solar e gás, solar e eólica, etc.). Em vários países há projetos de ampliação do uso de energia solar térmica (GREENPEACE, 2005, P. 27), como Espanha, Austrália, Egito, Marrocos, Índia, Irã, África do Sul, Israel, entre outros. Parte dos projetos são mistos, principalmente, com a utilização de gás natural e energia solar.

De acordo com o MME, alta complexidade tecnológica e custos elevados são os principais fatores limitantes da geração de eletricidade pela captação de raios solares. Com apenas uma planta em todo o Brasil, com potência de 20kW, a energia pode custar até duas vezes o valor de outras fontes. Ao contrário da alta complexidade necessária para a geração elétrica através das placas fotovoltaicas, coletores solares revelaram-se simples alternativas no uso residencial para aquecimento de água em substituição aos chuveiros elétricos.

Calcula-se que os chuveiros tradicionais sejam responsáveis por 25% do consumo residencial e 7% do nacional. Com a substituição por placas de captação, além da economia permanente de energia, em média dois anos e meio o usuário poupa valor equivalente aos investimentos iniciais. Segundo Márcio Zimmermann, Secretário de Planejamento e de Desenvolvimento Energético do MME, o uso da energia solar em residências é uma importante etapa para o aumento da eficiência energética.

### 3.4 PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS E TURBINAS FLUTUANTES

As Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs), no século 19, impulsionaram a indústria de energia hidrelétrica. Paulatinamente, ela foi se agigantando, com a construção de grandes ou gigantescas usinas. As PCHs, no entanto, sobreviveram



como um complemento daquela grande indústria. Em geral, considera-se como PCH, as usinas com capacidade instalada de até 10 MW.

No entanto, com as controvérsias em torno dos grandes projetos e seus impactos socioambientais, utiliza-se um subterfúgio, ou seja, muda-se sua definição de capacidade máxima. No Brasil, por exemplo, considera-se como PCH as usinas que geram até 30 MW e há intenção de se aumentar este índice para 50 MW. A razão desta variação está em facilidades de financiamento e na possível diminuição de pressão social contra empreendimentos desta natureza, já que as PCHs são consideradas como “ambientalmente corretas”.

Já as turbinas flutuantes são instaladas em um rio, sem represá-lo. A força da correnteza é a força motriz, com uma velocidade mínima acima de 1,5 m/s (5,4 km/h) e uma profundidade mínima de 1m. Nessas condições, é possível obter 400 kWh por mês. Em melhores condições, pode-se atingir uma produção de energia da ordem de 3 MWh por mês.

Ao contrário das grandes e médias hidrelétricas, as PCHs não causam impactos socioambientais da mesma magnitude. A menor área alagada e a menor necessidade de deslocamento de populações reduz drasticamente os problemas geralmente enfrentados em grandes projetos.

Outras vantagens são custos menores, acarretando em preço de energia também menor, a utilização do reservatório por populações adjacentes.

As turbinas flutuantes são muito baratas, tanto seus custos de implantação como de operação, numa média de 1/3 de uma hidrelétrica e metade de uma termelétrica. Podem ser construídas em menos de dois anos, ao contrário de uma hidrelétrica, que precisa, em média, de 4 ou 5 anos. Não causa os problemas socioambientais típicos em hidrelétricas, como deslocamento de populações ou alagamento de terras e florestas.

Porem, uma PCH certamente acarreta em impactos socioambientais menores que os causados por grandes ou médias hidrelétricas. No entanto, alguns impactos persistem. O maior talvez seja o próprio represamento do rio. Se não forem construídos escadas ou canal para espécies de peixes que migram ou desovam rio acima, tais espécies podem se extinguir ou diminuir em quantidade.

Outros impactos podem existir, ainda que em pequena escala. Por exemplo, risco de proliferação de algas, assoreamento do lago (pois a barragem bloqueia a passagem de material sólido). Há ainda, o problema de deslocamento

de população, embora este contingente, neste caso, seja muito reduzido. Por outro lado, se a definição de PCH variar, este contingente pode variar também.

O maior risco, para este tipo de empreendimento, talvez sejam os efeitos cumulativos dos projetos. Uma única PCH não gera muitos impactos, mas um conjunto de PCHs, mescladas com hidrelétricas de médio porte, podem descaracterizar um rio, transformando-o quase que em uma imensa lagoa, com impactos, principalmente, para a fauna aquática e terrestre (por exemplo, aves ou mamíferos típicos de margens de rios).

Outras desvantagens são a descaracterização de pontos turísticos, como o encobrimento de cachoeiras; em alguns casos, a distância dos sistemas ou linhas de transmissão.

Para as turbinas flutuantes há poucas desvantagens. Apenas pode interferir em hidrovias ou na navegação de rios. Mas como precisa correntes fortes, em geral, não se localizam em locais de intensa navegação.

No Brasil, de acordo com a ANEEL, há um bom potencial de construção de PCHs, um total de 8.000 MW, incluindo a recapacitação e reativação de usinas (TOLMASQUIM *et alli.*, 2003, p. 188). Até 2005 havia uma capacidade instalada de cerca de 2500 MW, e o mesmo potencial para projetos em construção ou em fase de aprovação. A utilização total deste potencial resultaria em uma capacidade semelhante à de Itaipu.

### 3.5 ENERGIA DOS OCEANOS

O mar e os oceanos são fontes de energia. Mais especificamente, o vai e vem das marés e a constante oscilação das ondas. Seus movimentos cíclicos e potentes podem ser controlados e utilizados para movimentar turbinas, gerando eletricidade. No caso de energia das marés, trata-se de uma central hidroelétrica que utiliza o desnível entre o mar e uma bacia do qual está separado e o movimento das marés. Constrói-se uma barragem em um estuário e o equipa com uma série de comportas que permitem a entrada d'água para a baía (REIS, 2003).

O método de geração se dá de acordo com o fluxo das águas. As turbinas, dependendo da maré (enchente ou vazante), podem girar em um sentido ou outro. Pode-se ainda, conciliar as duas formas.

Já a energia das ondas é produzida pela ondulação do mar que, por sua vez, é produzida pelo vento. No sistema Pelamis, a ondulação movimenta equipamentos hidráulicos e pneumáticos, produzindo-se então eletricidade.

São fontes de energia natural, renovável e não poluentes. Ao contrário das hidrelétricas convencionais, funcionam com total independência das condições pluviométricas regionais. O custo da energia é constante ao longo da vida útil dos equipamentos e, finalmente a bacia de acumulação é natural, não exigindo inundação de áreas adicionais. Podem ser utilizadas em consórcio com usinas eólicas marítimas.

A maior desvantagem da geração da energia maremotriz, se refere à viabilidade apenas em locais com grande amplitude de maré (pelo menos 5 m) e topografia adequada (profundidade), basicamente, próxima à linha do equador. Além disso, é difícil de se conciliar tais fatores aos requisitos de locais adequados para instalação de equipamentos e proximidade dos centros de consumo (REIS, 2003).

Com a construção de uma barragem em um estuário, com altura superior ao nível máximo das marés e das ondas, pode gerar impactos para a navegação (bloquear ou dificultar uma rota de barcos na desembocadura de um rio). Neste caso, precisa-se de acompanhamento da marinha para fazer o controle de navegação. Pode gerar impactos à fauna marinha. Há, ainda, o risco de destruição de estuários.

A energia das ondas pode produzir alguns impactos negativos, ainda que não exista um grau de certeza ou de quantificação muito grande. Pode acarretar em danos locais, como a modificação do regime de ondas em um determinado ponto da costa. Além disso, tal como em instalações petrolíferas no mar, consiste em novos habitats, o que podem ter efeito positivo ou negativo.

A energia das marés e das ondas apresenta um grande potencial para países como o Brasil, que possuem imensa faixa costeira e concentração de habitantes próximas a ela. No entanto, tal forma de energia está pouco desenvolvida o que exige esforços em termos de redirecionamento de investimentos em pesquisas. Isto acarreta no temor de possíveis investidores, pois, não sabem qual será seu retorno financeiro. Por isso, o incentivo governamental é essencial, tanto em termos de priorização das pesquisas, como de certas garantias financeiras aos investidores.

### 3.6 GEOTERMIA

É uma forma de energia provinda das profundezas da terra, na forma de vapor, água quente ou calor. O calor da terra pode ser aproveitado para usos diretos, como o aquecimento de edifícios e estufas ou para a produção de eletricidade em centrais geotérmicas. O vapor pode movimentar uma turbina tal como qualquer outra usina térmica. A diferença é que, neste caso, o que gera o vapor é o calor da própria terra. Na verdade, é uma fonte de energia localmente não renovável, porque o fluxo de calor do centro da terra é muito pequeno comparado com a taxa de extração requerida, o que pode levar o campo geotérmico ao esgotamento. A taxa de extração de um campo geotérmico influencia na sua vida útil.

Talvez a maior vantagem, além de ser menos impactante que os combustíveis fósseis, seja o de poder ser utilizada em zonas de risco para habitação, devido à atividade vulcânica. Isso evita impactos socioambientais, comuns em projetos de geração de energia. Em tais zonas a energia disponível está próxima da superfície, o que facilita a exploração.

De acordo com Freitas, seu uso acarreta em alguns impactos significativos, como liberação de gases, odores desagradáveis e riscos à saúde. A natureza corrosiva, e as propriedades nocivas do gás sulfídrico ( $H_2S$ ) são as principais preocupantes. Nos casos onde a concentração de  $H_2S$  é relativamente baixa, o cheiro de ovo podre do gás causam náuseas; em concentrações mais altas pode causar sérios problemas de saúde. Um ser humano pode detectar concentrações de  $H_2S$  em minutos, 0,030 ppm é o limiar normal. À 667 ppm,  $H_2S$  pode causar a morte rapidamente por paralisia respiratória. Em alguns casos a concentração de  $H_2S$  no local da usina geotérmica pode ser da ordem de 1 ppm. Na maioria dos casos, tais usinas são construídas perto de áreas de fontes quentes que naturalmente são caracterizadas por odores sulfurosos (FREITAS, 2007).

A energia geotérmica pode também contaminar recursos hídricos nas proximidades de uma usina, “Não é incomum encontrarem arsênio, mercúrio ou boro em pequenas quantidades de tais fluidos, mas ambientalmente significantes. A descarga livre dos resíduos líquidos para a superfície pode resultar na contaminação de rios, lagos, etc” (id.).

Outro risco é o de desmoronamento, causado por desequilíbrio no interior

da terra e acomodação de rochas. Isto ocorreu em Wairakei, Nova Zelândia, onde resultou em uma fenda de 7,6 m e está crescendo a uma taxa de 0,4 m por ano (id.). Se uma grande quantidade de fluido é retirada da terra, há o risco de gerar um abalo. Nestes casos deve ser injetada água, para compensar o material retirado.

Há ainda problemas relacionados aos ruídos produzidos na fase de testes de perfuração, principalmente se estiverem próximas a locais habitados. Por outro lado, estes ruídos podem ser minimizados. Ou então, o risco mais sério de ruptura de pneumático e falhas maiores de equipamentos. De acordo com FREITAS, isto já ocorreu em alguns lugares, como Wairakei, e Momotombo na Nicarágua.

A energia geotérmica é, provavelmente, a energia alternativa que mais apresenta impactos negativos e riscos. Ainda assim, são menores que os dos combustíveis fósseis. No Brasil, é quase inexistente esta forma de exploração energética.

### 3.7 HIDROGÊNIO

O hidrogênio é o combustível utilizado em foguetes a partir de células de combustível. Trata-se de um combustível “limpo”, já que não contém carbono e praticamente não apresenta ruído, produzindo eletricidade e água. Segundo CAPRA (2002, p. 263), novas tecnologias tornaram, nos últimos anos, o processo de produção muito mais barato, embora ainda existam problemas técnicos, como a dificuldade de armazenamento e na formação de uma rede de abastecimento de hidrogênio (uma dificuldade atual no Brasil, semelhante a do uso de gás natural para veículos).

“A Célula Combustível (CC) produz energia elétrica diretamente, a partir de um combustível. Trata-se de uma reação química silenciosa, sem combustão, realizada com eficiência energética superior à obtida com o gerador convencional. A CC também produz calor que pode ser usado para o aquecimento/resfriamento, operando como um co-gerador. Quando átomos de hidrogênio e oxigênio se combinam para formar uma molécula de água, dois elétrons são liberados formando uma corrente elétrica. Esta reação química também libera calor” (id).

O assunto, embora seja tratado com muito otimismo, é controverso. Os

otimistas, como Jeremy Rifkin, argumentam que o hidrogênio poderia revolucionar o setor energético, ao possibilitar a geração distributiva, isto é “pequenas usinas, integradas ou individuais, de geração de eletricidade, localizadas próximas ou junto ao consumidor final” (2003, p. 199). Isto resultaria na descentralização e no fim de oligopólios do setor energético. Por outro lado, o físico Rogério Cerqueira Leite, critica o excessivo otimismo, afirmando que a utopia da resolução dos problemas energéticos é, inclusive, motivada por um fator político. Trata-se, para aquele físico, do distributivismo, ou seja, da ideologia da produção caseira ou local, sem passar por grandes empresas de geração. É o que chama-se de feudalização da produção.

Se os analistas mais otimistas estiverem certos, o hidrogênio poderá ser uma fonte farta e barata. A água poderá ser a fonte primária, decomposta pela energia de outras ERSs ou combustíveis fósseis. Desta forma, uma grande quantidade de hidrogênio e oxigênio poderia ser armazenada, na forma gasosa, para uso futuro, não apenas energética, mas na indústria química, alimentícia e usos diversos (RIFKIN, 2003, p. 185).

Outro atrativo da célula combustível diz respeito às grandes vantagens em termos ambientais. O fato de, aparentemente, não ser poluente está transformando esta forma de energia em ícone de ambientalistas. Acrescente-se que, no caso de uso de células-combustíveis em veículos automotores, não produz ruídos nem poluentes. O subproduto resultante é tão somente a água.

A tese de que o hidrogênio é um elemento abundante no planeta é criticada por Cerqueira Leite, pois, “o elemento hidrogênio (H) não é a molécula de hidrogênio,  $H_2$ . Esta última é combustível, mas só se encontra em quantidades ínfimas. O elemento H, este sim é abundante, mas está ligado quase sempre a outros átomos, formando moléculas ou sólidos” (id.). Assim, para obtenção de  $H_2$ , é necessário separá-lo de outras moléculas, o que demanda outra forma de energia primária. Atualmente, o produto mais viável para isto é o gás natural ( $CH_4$ ), mas também pode se obter  $H_2$  a partir da sua separação de moléculas de água ( $H_2O$ ) ou do álcool. Tal separação pode ser feita utilizando-se outras fontes de energia, como gás natural, solar ou eólica, no entanto, atualmente ainda é um processo caro.

No caso do uso de gás natural, gera-se um sub-produto indesejado, o gás carbônico, que deverá ser reutilizado ou armazenado em algum local sem riscos,

por exemplo, minas desativadas de carvão. Isto, porém, elevaria os custos de produção do hidrogênio.

Há ainda o risco de acidentes. O hidrogênio na forma gasosa é altamente explosivo. Se for armazenado, poderá apresentar sérios riscos a populações próximas. As imagens do dirigível Hindenburg, que explodiu em 1937, ainda é um alerta para os riscos do gás hidrogênio.

Por outro lado, o fator econômico é importante para subsidiar a análise. Se, futuramente, a maior viabilidade do processo de produção significar preços mais baixos, provavelmente atrairá muitos adeptos, independente da motivação ideológica. Não se pretende afirmar que a motivação econômica será sempre a principal a orientar a ação, mas atualmente, é para a maioria dos indivíduos e das organizações (privadas ou públicas). Cerqueira Leite argumenta que a única vantagem que o hidrogênio poderá vir a ter sobre a eletricidade é um menor custo de armazenamento. Essa possibilidade existe porque, aparentemente, nesse setor ainda há um certo espaço para desenvolvimento e redução de custos em comparação com o que ocorre com a eletricidade.

O hidrogênio se torna atraente, então, para uso em cidades de grande densidade populacional, para transporte em que a saúde deve ser privilegiada a qualquer custo e em sistemas em atividades estratégicas nas quais interrupções breves podem ser catastróficas.

Preparando-se para uma possível transformação do mercado de energia, em que o hidrogênio seria o principal vetor energético, a Petrobras busca capacitar-se para a produção futura desse energético, abrangendo os aspectos de rotas de processo para a geração de hidrogênio, sua estocagem, movimentação, entrega ao consumidor, bem como no desenvolvimento de tecnologias de uso final, considerando, em toda a cadeia, aspectos de segurança e especificação de uso e produtos.

Focando todos estes tópicos, a definição de um portfólio de projetos, em conjunto com universidades brasileiras e outras instituições, inclusive internacionais, está em andamento, com as seguintes abordagens:

- Produção de hidrogênio a partir de gás natural para uso em sistemas de células a combustível
- Rotas tecnológicas para produção e purificação de hidrogênio
- Tecnologias para armazenamento de hidrogênio

- Aplicações e usos energéticos do hidrogênio
- Levantamento dos mercados de hidrogênio

### 3.8 ENERGIA HIDRELÉTRICA

Base da matriz brasileira, as hidrelétricas têm em seu preço o principal atrativo para a crescente disseminação. Atualmente, o custo médio é de 90 R\$/MWh. Grandes usinas em funcionamento correspondem a 73% da matriz elétrica brasileira e as expectativas do MME são de expansão, com porcentagem estável até 2015.

Embora enfrentem constantes problemas no licenciamento ambiental, principalmente na fase de obras mais de 53% da eletricidade contabilizada para os próximos anos virá de sete hidrelétricas, já em construção. O custo da eletricidade de novas unidades chega a 112 R\$/MWh, de acordo com o leilão de energia nova promovido pela Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel).

O presidente da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), Maurício Tomalsquim, garantiu que o governo faz todos os esforços para tirar do papel os projetos de construção de novas usinas hidrelétricas. Segundo ele, neste momento são realizados estudos de inventário em seis bacias e outros seis estudos de viabilidade de projetos estão encaminhados, além de outras seis avaliações ambientais integradas, de um total de 11 que serão realizadas. "Com isso, acreditamos que haverá um aumento no portfólio de projetos no médio prazo", afirmou Tomalsquim durante sua participação no seminário "Energia como Fator de Competitividade Econômica", dia 25 de outubro de 2006, em São Paulo.

Tomalsquim reforçou o discurso que a ABRACE vem fazendo nos últimos meses sobre o potencial hidrelétrico brasileiro: 261 GW de potência, dos quais, até o momento, o País só aproveitou 30%. "O Brasil é o terceiro maior potencial hidrelétrico mundial, atrás somente do Canadá e da China", acrescentou. A maior parte de todo esse potencial - 66% - está concentrada na Amazônia.

O presidente da EPE abordou ainda os cenários de aproveitamento do potencial hídrico da Amazônia possíveis até 2030. No primeiro, o mais restrito, seriam utilizados apenas 40% da capacidade - 20 gigawatts. No segundo, 60% do



potencial – 70 gigawatts. E no último, com 80% de aproveitamento hídrico, a capacidade chegaria a 120 gigawatts. No mesmo evento, o secretário de planejamento e desenvolvimento energético, Márcio Zimmermann, afirmou que o governo trabalha para manter uma relação de pelo menos 70% do aproveitamento hídrico.

#### 4. A MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA

As projeções do Ministério de Minas e Energia (MME) para os próximos dez anos da matriz elétrica mostram a manutenção das hidrelétricas como carro chefe da expansão energética brasileira, levando-se em conta que o maior motivo que dificulta o desenvolvimento de outras fontes alternativas, consideradas promissoras e de menores impactos ambientais, são os altos custos de geração.

De acordo com Márcio Zimmermman, Secretário de Planejamento e de Desenvolvimento Energético do MME, o fator econômico é decisivo na definição da matriz energética. O Projeto Brasil fez um levantamento dos custos das fontes que comporão a matriz energética no longo prazo.

A matriz energética brasileira é baseada hoje em usinas hidrelétricas (UHE) e tende a continuar dessa forma nos próximos dez anos. De acordo com o Ministério de Minas e Energia (MME), em 2015 as fontes hidráulicas gerarão 73% de toda energia elétrica do país, mesma porcentagem atual, seguida pelas termelétricas a gás, que continuarão representando 9%. Fontes alternativas como eólica, solar e Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH), terão incremento de um ponto percentual e representarão 4% da matriz elétrica do país.

O modelo de desenvolvimento brasileiro, baseado na hidroeletricidade, é criticado por ambientalistas. Segundo eles, esse tipo de usina gera graves impactos ambientais e é suscetível a mudanças climáticas, o que gera instabilidade no setor.

Relatórios da Aneel indicam justamente os problemas ambientais como a principal causa de atrasos no cronograma energético brasileiro. Especialistas consultados pelo Projeto Brasil, afirmam que o potencial elétrico do País, baseado em grandes hidrelétricas, está perto do esgotamento. Para eles, pequenas centrais e fontes alternativas devem sair do campo de testes para ganhar relevância no mercado.

Segundo Márcio Pereira Zimmermman, o alto custo é o principal empecilho para o uso de novas fontes renováveis. De acordo com Zimmermman, o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa), que prevê a contratação de 3.300 MW de energia limpa, contribui para o uso de alternativas, mas altas cifras ainda inviabilizam um modelo energético composto,

majoritariamente, por essas fontes.

O Plano Decenal de Expansão de Energia Elétrica 2006-2015, que contém as diretrizes para atuação do MME no médio prazo e expectativas para a matriz em 2015, ressalta a eficiência energética da geração hidráulica. O estudo aponta que, atualmente, 149 empreendimentos hidrelétricos totalizam 69.631 MW enquanto 870 termoeletrônicos correspondem a 19.770 MW. De acordo com o Plano, em 2015, carvão, óleos e energia nuclear produzirão 7% da energia elétrica brasileira.

A importação de eletricidade terá queda de dois pontos, atingindo 6% ao fim do planejamento decenal. O principal motivo é a ascensão da biomassa, que gera eletricidade a partir da queima do bagaço de cana, que representará 1% da matriz, e da maior participação de fontes alternativas.

O MME ingressou na fase final de elaboração do Plano Nacional de Energia 2030, que faz projeções para o consumo de energia no Brasil e define estratégias de geração. Segundo Zimmermann, ao se traçar a estratégia no longo prazo, o custo das fontes é um dos principais aspectos de análise. Esse é um dos motivos que leva a projeção de que em 2030 as hidrelétricas continuarão como carro chefe.

Mesmo sem grande expressividade nas projeções do MME, as fontes eólica e solar podem representar alternativas em casos especiais. A geração solar, por exemplo, já é utilizada pela Eletrobrás na região Norte ou em comunidades isoladas, onde usinas hidrelétricas são inviáveis. Zimmermann afirma que o uso de placas de captação solar gera energia cara. No entanto, a fonte é considerada viável para reduzir o consumo elétrico no aquecimento de água em residências.

Ainda de acordo com o representante do ministério, a energia eólica precisará de subsídios, como os do Proinfa, para continuar na matriz energética brasileira. Em alguns casos, seu custo pode ser até duas vezes maior do que o de fontes já disseminadas. O Plano Decenal de Expansão de Energia Elétrica 2006-2015 também prevê a construção da usina nuclear de grande porte (Angra III), que vai completar as duas já em funcionamento. Apesar da proposta, especialistas sugerem que usinas nucleares de pequeno porte também figuram como alternativa.

A matriz energética mundial tem participação total de 80% de fontes de carbono fóssil, sendo 36% de petróleo, 23% de carvão e 21% de gás natural (Tabela 1). O Brasil se destaca entre as economias industrializadas pela elevada participação das fontes renováveis em sua matriz energética. Isso se explica por

alguns privilégios da natureza, como uma bacia hidrográfica contendo vários rios de planalto, fundamental a produção de eletricidade (14%), e o fato de ser o maior país tropical do mundo, um diferencial positivo para a produção de energia de biomassa (23%).

Tabela 1. Composição da matriz de energia.

Fonte	Mundo	Brasil
Petróleo	35,3	43,1
Carvão mineral	23,2	6,0
Gás natural	21,1	7,5
Biomassa tradicional	9,5	8,5
Energia Nuclear	6,5	1,8
Energia Hidroelétrica	2,2	14,0
Biomassa moderna	1,7	23,0
Outras energias renováveis	0,5	0,1

Fonte: IEA (Mundo) e MME (Brasil).

## **5. A INSERÇÃO DE ERSs NA MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA**

Neste capítulo, apresentam-se os impactos da inserção de ERSs na matriz energética brasileira, possíveis entraves e problemas e indagam-se os impactos sócio-econômicos-ambientais deste processo.

### **5.1 DEMANDA DE ENERGIA**

Antes de sua exploração, estima-se que existiam reservas de 2,3 trilhões de barris de petróleo. As atuais reservas comprovadas do mundo somam 1,137 trilhões de barris, 78% dos quais no subsolo dos países do cartel da OPEP (Organização dos Países Exportadores de Petróleo). Essas reservas permitem suprir a demanda mundial por 40 anos, mantido o atual nível de consumo. É evidente que tanto as reservas quanto o consumo se incrementarão, ao longo deste período. Estima-se que a demanda deva crescer, em média, 1,7% ao ano, o que elevaria o consumo de petróleo para 120 milhões de barris/dia, em 2025.

Projetando-se os números dos últimos 50 anos, prevê-se que as reservas devem crescer a taxas mais tímidas que o consumo. Nos últimos 15 anos, houve incorporação líquida de apenas 13% nas reservas comprovadas, o que gera uma média de acréscimo de 0,8% ao ano. Cotejando-se com o crescimento da demanda, variável entre 1,5 e 1,9% a.a., dependendo do cenário adotado, resulta que, abstraindo-se as alterações na matriz energética, o caos da era do petróleo está contratado para meados do presente século.

Existe uma enorme dependência energética do mundo, tanto em petróleo quanto em gás, em relação a uma concentração geográfica (Oriente Médio) e em relação ao cartel da OPEP, que dominam 78% das reservas mundiais. Este fato, aliado à finitude das reservas e à concentração da matriz energética mundial em petróleo, carvão e gás, impõe a busca de alternativas rumo a uma transição segura para um ambiente de oferta energética sustentável.

Posta a escassez do petróleo e a extração mais complexa, os preços dispararão. De algum modo esse processo está em andamento, posto que, nos últimos 30 anos, a valorização real do petróleo foi de 505% (85% entre o final de

2004 e meados de 2005). Entre os analistas internacionais passa a ser aceito o cenário que prevê o preço do barril de petróleo em torno de US\$100, no início da segunda década do século XXI. Esta cotação pode ser julgada fantasiosa, entretanto, atente-se para dois fatos. O primeiro deles é o pico histórico da cotação do petróleo (US\$90/barril), atingido durante a guerra Irã-Iraque (2º choque do petróleo).

O segundo é a proposta apresentada pelo Dr. Matthew Simmons ao Plano Energético dos EUA (em elaboração no primeiro semestre de 2005), propondo que os EUA fixassem a cotação interna do petróleo em US\$182, para equilibrar oferta e demanda (Porter, 2004).

Enquanto nos denominados primeiro e segundo choques de petróleo (anos 70), a razão estrutural preponderante para o aumento de preços foi a diminuição voluntária da oferta, o salto verificado no presente século está ligado à expansão da demanda, emoldurada por choques de oferta devido a perturbações políticas. Sob o ponto de vista estratégico, a expansão da demanda é muito mais preocupante que a contração da oferta, pois, enquanto a segunda pode ser negociada, no sentido amplo da palavra, a primeira é uma constatação factual de mais difícil solução, que não a própria expansão da oferta, ou uma mudança radical nos hábitos de consumo de energia.

Entre 2002 e 2004, o consumo diário de petróleo no mundo expandiu de 78 para 82 milhões de barris. A China respondeu por 36% desse aumento e os EUA por 24%. As altas taxas de crescimento da China fizeram com que o país passasse de exportador para importador de petróleo, volatilizando o balanço mundial, mesmo fenômeno verificado com o Reino Unido (Mussa, 2003). A Índia é um país energeticamente vulnerável e o seu crescimento ocorrerá à custa de maior pressão sobre a demanda atual de combustíveis fósseis. A mesma análise pode ser aplicada à Indonésia, ao Japão e à Coreia, países dependentes de importação de energia e com grande potencial de crescimento econômico.

Em 2004, o consumo de energia dos países ricos alcançou 4,5 TEP (Toneladas Equivalentes de Petróleo) por pessoa por dia, para um agrupamento estimado em 1 bilhão de cidadãos. Já nos países emergentes, o consumo situa-se em 0,75 TEP/pessoa/dia, porém em um universo de 5 bilhões de habitantes (World Bank, 2004). A globalização cultural e de mercados e a assimilação de costumes de países ricos pelos emergentes, provoca uma forte pressão de consumo

energético, que é sentida com maior intensidade nos países emergentes. E é nesses países que continuará a ocorrer o maior crescimento demográfico, ao longo do século XXI, conseqüentemente pressionando a demanda energética.

Enquanto os países ricos aumentaram seu consumo em menos de 100%, nos últimos 20 anos, no mesmo período a Coréia do Sul aumentou sua demanda em 306%, a Índia em 240%, a China em 192% e o Brasil em 88% (IEA, 2004). Deduz-se que qualquer tentativa de inclusão social promoverá uma pressão adicional sobre o consumo de energia.

Isoladamente, nenhuma ERS poderá substituir as formas tradicionais de geração e consumo de energia, pelo menos no atual estágio de desenvolvimento tecnológico. Mas, de forma otimista, parece que há possibilidade de mudanças profundas nesse sentido, ou seja, parece que tal desenvolvimento está se dando a passos largos. Isto, porém, poderia resultar em grandes riscos, argumento esse motivado pelo pouco conhecimento sobre os impactos do uso intensivo das ERSs.

Há que se considerar, porém, que o uso em larga escala de algumas ERSs, principalmente a biomassa, pode acarretar em impactos negativos de grande monta. Isto porque induziria à monoculturas regionais, além do seu potencial poluidor, em caso de manejo incorreto, como a queima de canaviais ou a derrubada de florestas. Além disso, a queima de biomassa pode contribuir, ainda que em menor escala, para a emissão de gases poluentes na atmosfera, principalmente se não houver um bom manejo. Por outro lado, a energia a partir da biomassa elimina grande quantidade de resíduos que, de outra forma poderiam gerar impactos maiores e este fator é importante para um processo de planejamento integrado de recursos (GOLDEMBERG, 1998). As diversas culturas agrícolas podem “compensar” pois, para gerar biomassa, há plantio de árvores ou outras plantas que seqüestram carbono da atmosfera.

Há, ainda, casos de projetos de ERSs que entram em conflito com outras esferas, mesmo em uma lógica de sustentabilidade. É o caso de um projeto em Portugal, barrado por pressão da direção de um Parque Nacional, que não queria a usina eólica em suas vizinhanças. Isto gerou um conflito com moradores de um município vizinho, que se sentiram prejudicados com a suspensão do projeto.

Muito se tem falado, há pelo menos três décadas, sobre desenvolvimento técnico ligado a fontes alternativas. Mesmo antes do aprimoramento do discurso socioambiental, especulava-se sobre a energia do futuro ou se pensava nela, por

necessidade ou especulação. YERGIN (1992) cita que durante as duas grandes guerras ou no entre guerras, por exemplo, novos combustíveis surgiram, como o “álcool de alcachofra de Jerusalém”, pesquisado na Inglaterra, em 1919. Também combustíveis sintéticos, feitos a partir de carvão na Alemanha e gasolina de raiz de pinheiro, no Japão, na 2ª Guerra. A energia solar e eólica são conhecidas há muito tempo. Diversas experiências de obtenção de energia solar (principalmente para aquecimento d’água e geração de vapor) foram realizadas em diferentes épocas, porém, raramente utilizadas de forma sistemática. A energia eólica foi utilizada por muito tempo em moinhos e para movimentar navios.

Contudo, com a difusão dos combustíveis fósseis, nos séculos 19 e 20, foram deixadas de lado e só voltaram a ser buscadas mais intensamente, a partir de inovações tecnológicas como a dos semicondutores e células fotovoltaicas, nos anos 50, e com a crise do petróleo e das demandas de ordem ambiental, no final do século 20.

A partir de então, matérias futuristas de revistas e jornais previam que o petróleo deixaria de ser a principal fonte de energia já para o início do século 21. Em muitos casos, em termos proporcionais, ocorreu uma diminuição. Mas em termos absolutos ocorreu um grande aumento. Mas naquela ótica, o que levaria a esta transformação seria a escassez de combustíveis fósseis.

Embora o fator custo e o fator geopolítico sejam grandes impulsionadores para a substituição de fontes, outros também são importantes. Mais recentemente, foram os fatores socioambientais (poluição, destruição de matas, impactos sociais diversos, destruição de rios e lagos) e as mudanças climáticas em todo o mundo que impuseram um novo ritmo ao índice de substituição. Por exemplo, matéria da revista “Visão”, de 28 de janeiro de 1985, “Grandes temas para o século XXI”, onde se previa que o petróleo seria responsável por 30% do consumo de energia (o que de fato está ocorrendo), ao contrário dos 47% de então. Além disso, previa-se a difusão de outras fontes de energia (fusão nuclear e eólica, entre outras).

Embora ainda muito tímida e aquém de seu potencial, parece existir uma racionalidade distinta para certos atores sociais. Isto poderia indicar possibilidades de mudança do padrão energético mundial. Muitas empresas de energia e automobilísticas possuem pesquisas avançadas, em maior ou menor grau, em matéria de ERSs, possuindo departamentos específicos para pesquisa sobre tais temas e contando com vultosos recursos financeiros.



Apesar disso, até agora os maiores defensores destas formas de energia, pelo menos em sentido de se reorientar a matriz energética, são indivíduos ou organizações “fora do sistema”. Trata-se de grupos ambientalistas, acadêmicos ou grupos com posicionamento político, muitas vezes, contrários ao modelo econômico preponderante no mundo. Há indivíduos dentro de empresas do setor energético que partilham de tais anseios, mas lutam contra uma maré avassaladora e, em geral, ou não tem suas idéias postas em prática ou ficam restritas a pesquisas sem muita expressão ou em compasso de espera, isto é, como uma estratégia alternativa para o caso de existirem problemas com os combustíveis tradicionais.

Isto não significa que os grupos inseridos no atual modelo (principalmente empresários, políticos e administradores públicos) desprezem a energia alternativa. Apenas que estes grupos estão inseridos e condicionados por uma racionalidade distinta e por uma estrutura dada pelo que se define neste trabalho como lógica dos combustíveis fósseis ou economia do petróleo. Para tais grupos, só a escassez de combustíveis fósseis pode realmente induzir uma transformação da matriz energética. Além disso, inserem qualquer forma de análise de viabilidade das ERSs dentro de uma racionalidade produtivista fazendo com que, comparativamente, tais formas de energia não sejam competitivas, ficando para um possível futuro com os combustíveis fósseis extintos.

Outros custos, além dos econômicos, não são contabilizados. Possivelmente, estão em compasso de espera, até que um impulso econômico, social, tecnológico, e mesmo natural (fim das reservas de combustíveis fósseis) os induza a uma modificação ampla. Mas este compasso de espera é determinado por uma racionalidade econômica produtivista. Nesta lógica, a mudança de padrão energético só se efetivaria quando pudesse suplantiar as vantagens econômicas, organizacionais e tecnológicas do atual modelo. Foi o que aconteceu com o carvão no século 18 e com o petróleo no século 19.

O que poderia induzir uma mudança de padrão energético, fora os fatores econômicos e tecnológicos? Se alguns fatores ou condicionantes forem introduzidos, como riscos, impactos socioambientais (em uma escala global), pode-se alimentar o ímpeto de transformação. Mas como induzir atores individuais (empresas) a realizar um planejamento a partir de condicionantes globais? Na maioria dos casos, tais fatores só são introduzidos após o planejamento geral das

empresas e de governos – *a posteriori* –, ou seja, após o surgimento de problemas. O elemento “risco” só é incorporado quando são forçadas a isto. Em resumo, nesta instância fundamental que é o planejamento não se incorporou uma estratégia real de remodelação da matriz energética.

## 5.2. EMPECILHOS ECONÔMICOS

Tradicionalmente, os custos propriamente econômicos são determinados por diversos fatores. A abundância ou escassez de uma matéria-prima, a logística, a forma de administração (incluindo planejamento, racionalidade e eficiência), os impostos, custos de mão de obra, geopolítica, desenvolvimento tecnológico, além do fator essencial que é a demanda. Sem a demanda os demais elementos são inócuos. A demanda, por sua vez é dada por fatores diversos, como utilidade, necessidade, consumismo, marketing.

A disparidade de preços entre fontes tradicionais e fontes alternativas ainda são grandes inibidores para o desenvolvimento da ERS. Mas a distância entre elas vem diminuindo paulatinamente. Além disso, convém pensarmos no porque isto ocorre ou, pelo menos, se não há como se dar um ímpeto inicial à ERS. Muitos países criaram incentivos nesta direção, assim como, as grandes corporações transnacionais. Os combustíveis fósseis ainda atraem a maior parte dos investimentos, sendo que as pesquisas com ERSs recebem uma ínfima parte dos investimentos em pesquisa. No entanto, como os recursos financeiros destas corporações são imensos, acabam por ter mais condições de investir em P&D que muitos países.

A disparidade de preços entre ERSs e combustíveis fósseis, no entanto, é fruto principalmente dos preços de materiais e equipamentos. Em muitos casos, dependem de pesquisas de ponta e carecem de economia de escala. Por outro lado, podem ser alavancas para novos negócios, como é o caso do comércio de silício, a partir do crescimento recente da energia solar na Europa.

Há inúmeras variáveis que os empreendedores levam em conta ao escolherem um negócio. Podem se dar pelo cálculo contábil (dispêndio, custos de geração e taxa de retorno) ou a variáveis mais ou menos imponderáveis, como a crença ou descrença em relação a uma inovação tecnológica, a fatores de

mercado, a posturas de governo, à tranquilidade de um sistema anterior já conhecido.

Contudo, tais cálculos se dão basicamente, a partir de uma racionalidade produtivista, que impele o empreendedor a esperar retorno rápido, seguro e alto.

No entanto, pensar em custos não é uma operação tão simples assim. O seu cálculo pode indicar diferentes estratégias, interesses ou mesmo paradigmas. É muito comum que, ao se calcular os custos de processos de substituição de fontes energéticas ou de equipamentos de proteção ou antipoluentes, os benefícios (em sentido mais amplo) não sejam calculados. Isto porque, em um padrão produtivista, não se calculam os benefícios coletivos não monetários. Na verdade, muitos destes benefícios são monetários, pelo menos se tivermos uma lógica de conjunto, incluindo gastos com saúde, recuperação ambiental, combate ao aquecimento global (supondo que de fato seja causado ou acelerado pela ação antrópica) ou da chuva ácida.

Como a lógica produtivista prioriza fatores como rendimento energético e rentabilidade econômica de empresas específicas, benefícios tais como diminuição de poluição, de resíduos ou rejeitos, melhoria da saúde (saúde preventiva), eficiência energética, preservação ambiental são desconsiderados do cálculo de custos.

Desta forma, só um poder centralizado, acordos internacionais ou então decisões mais democráticas, podem realizar tais cálculos, pois dependem de muitas variáveis e sua distribuição geográfica é muito ampla, como no caso da emissão de poluentes e saúde coletiva. Em termos de lógica macroeconômica, portanto, é irracional desconsiderar tais custos (aparentemente não econômicos) já que as conseqüências produzirão outros custos na administração geral.

Só uma mentalidade voltada apenas para os resultados de empresas individuais é que favorece uma lógica econômica unitária (vantagens puramente econômicas e de rentabilidade energética). Mas aí temos um outro problema, pois, apesar de discursos em contrário, é o que impera nas sociedades capitalistas, de acordo com o grau de controle social em cada país.

Assim, tem-se uma dificuldade. Como medir tais custos? Como distribuí-los entre os diversos agentes do processo de produção de energia e consumidores? O que seria uma forma “justa” de distribuir os custos socioambientais? Além dos custos monetários e do impreciso, mas existente custo pelo aquecimento global, há

custos indiretos decorrentes da produção de energia. Estes podem variar de acordo com a fonte primária e com as condições de exploração e de trabalho.

Analisando-se situações específicas, como por exemplo, uma empresa ou empreendimento, os custos econômicos são mais importantes, mas analisando-as em conjunto com os custos gerais da administração de um país, percebe-se que o desprezo de outros custos, além de poder ser eticamente condenável, pode resultar em prejuízos econômicos em longo prazo.

A) Saúde: Um dos custos indiretos mais comuns diz respeito aos danos que a exploração ou utilização de combustíveis fósseis trazem à saúde. Genericamente, a poluição decorrente da queima de combustíveis fósseis é responsável por muitos problemas de saúde. Os custos relativos à saúde, decorrentes de tratamento de doenças causadas pela poluição muitas vezes não é contabilizada nos “custos” gerais. Por exemplo, desde 1973 o governo dos EUA desembolsou cerca de US\$ 70 bilhões em auxílio-saúde para os mineiros de carvão. Além disso, há outros custos decorrentes, como internações hospitalares e fornecimento de remédio. Neste caso, quem paga a conta é o contribuinte e não o causador da doença, no caso a empresa responsável. Em caso de danos à saúde de uma população, como os danos decorrentes da poluição de veículos, é mais difícil ainda computar os custos, pois o causador é toda uma cadeia de relações de produção, que vem desde o planejamento estratégico até o consumidor final.

Como dito anteriormente, tais custos são menosprezados pelos agentes individuais, a não ser quando as empresas são responsáveis pela saúde dos seus trabalhadores. Os custos indiretos só podem ser contabilizados por um planejamento ou fiscalização geral.

B) Terras e Florestas Alagadas: A Comissão Mundial de Barragens lançou um Relatório em 1999, onde afirma que as mais de 800 mil barragens espalhadas pelo mundo teriam alagado uma área equivalente à da França. Estas áreas, na maioria, seriam vales férteis para a agropecuária e florestas. O Relatório reconhece os inúmeros benefícios que tais barragens representam para a humanidade, porém, em muitos casos “um preço inaceitável e freqüentemente desnecessário teve que ser pago para adquirir tais benefícios, especialmente em termos sociais e ambientais, pelas populações deslocadas, por comunidades à jusante” (CMB, 2000).

C) Famílias deslocadas. De acordo com o mesmo Relatório, em todo o

mundo há cerca de 1500 grandes barragens projetadas para esta década (2000 a 2009), com um potencial de forçar o deslocamento de cerca de 1 milhão de pessoas.

D) Acidentes: Há também os diversos tipos de acidentes, muito comuns em minas de carvão. Anualmente, milhares de trabalhadores morrem em minas ou locais de exploração de petróleo e gás natural. Estes custos não são contabilizados e, na verdade, como contabilizar a perda de um ser humano?

Conforme visto, o predomínio de uma racionalidade econômica no planejamento acarreta em um processo de decisão onde, apesar do discurso “politicamente correto”, em termos socioambientais, acaba por dar suporte à estrutura de combustíveis fósseis. O problema desta forma de planejamento está em se utilizar apenas o conceito de custo na ótica estritamente econômica. Mesmo os condicionantes socioambientais são considerados custos econômicos, já que são vistos como “custos monetários”, “empecilhos”, “impeditivos” “entraves ambientais” que estariam “emperrando as decisões”. Em resumo, fatores distintos daqueles dados por uma racionalidade puramente econômica ou produtivista são considerados secundários, como se a lógica do setor fosse em si mesma determinada por fatores econômicos, como se isto não fosse uma escolha baseada em princípios ou orientações ou rumos de uma sociedade. Isto indica que não ocorreu uma reorientação, um planejamento realmente decidido a transformar o setor.

Na lógica produtivista, a maior participação de ERSs não significa uma mudança de paradigma. Antes, é uma acomodação para atender pressões de grupos sociais e de critérios socioambientais, amparados por uma legislação ambiental. Nesta lógica, enquanto os combustíveis fósseis forem abundantes e relativamente baratos parece que o planejamento continuará do mesmo jeito. Os chamados custos socioambientais, o princípio do poluidor pagador, a noção de “injustiça ambiental” na verdade não foram incorporados pelos empreendedores e administradores públicos, pois seriam apenas entraves. Por outro lado, a riqueza gerada pelo petróleo acaba por induzir a este tipo de planejamento, favorecendo a ampliação de um modelo a partir dos combustíveis fósseis. Uma mudança de padrão energético é considerada apenas para um futuro ainda distante.

Por outro lado, há um elemento novo no planejamento energético brasileiro. Trata-se de, além da incorporação do gás natural, uma maior

participação de fontes alternativas renováveis, principalmente eólica e o ainda “revolucionário em potencial” biocombustível. Revolucionário porque, em longo prazo pode de fato possibilitar uma substituição dos combustíveis fósseis; em potencial porque isto dependerá de decisões que não serão apenas econômicas. Ao contrário, poderão até mesmo se contrapor à predominante racionalidade econômica do planejamento tradicional. Mas as ERSs não poderiam suplantiar os combustíveis fósseis? Isto não é impossível, mas dependerá estritamente de elementos não dados por fatores econômicos, principalmente no início de tal reestruturação.

### 5.3. EMPECILHOS TECNOLÓGICOS

A percepção das inovações tecnológicas modernas, muitas vezes, apenas permite analisá-las a partir de seus pontos positivos. Ainda que implique em certos temores, o mundo moderno tem como característica um irresistível e rápido processo de inovações. Mas pouco se questiona se estas inovações são realmente necessárias ou sobre seus custos sociais e ambientais. Assim, acabam sendo instrumentos para um comportamento social consumista e de muito desperdício (CASAGRANDE, 2004). Outras vezes, porém os processos de inovação tecnológica são orientados para manter um determinado padrão ou uma certa situação. Processos mais revolucionários, ainda que possíveis, não avançam. Os que procuram soluções dentro da lógica produtivista e tecnocentristas procuram priorizar soluções técnicas, como deposição de CO<sub>2</sub> em minas abandonadas ou poços de petróleo esgotados, filtros mais poderosos e combustíveis com menos elementos tóxicos ou resíduos.

Parece que este é o caso dos processos de inovação tecnológica em matéria de ERSs. Os recursos destinados a tais pesquisas, ainda que tenham crescido nos últimos anos, são inexpressivos se comparados às pesquisas com combustíveis fósseis (novos materiais e processos; prospecção, etc.). Isto tem como causas principais, os grandes interesses econômicos em torno da economia dos combustíveis fósseis. Mas também são fruto de uma formação profissional que não questiona as implicações sociais e ambientais de processos de inovação, apenas suas implicações econômicas.

## 5.4 EMPECILHOS HISTÓRICOS

Observa-se que uma confluência de fatores históricos alavancou a mudança de padrão energético durante a Revolução Industrial. Por outro lado, fatores históricos podem obstruir um processo de mudanças. Grupos dominantes têm diferentes concepções e interpretações sobre mudanças. Muitas invenções foram perdidas na história porque não se deu ímpeto à sua difusão. Este processo é analisado por WEBER (1985), quando procura responder o por que somente no ocidente, tais invenções resultaram em transformações sociais diversas.

Interesses diversos podem impedir a difusão de novas fontes de energia. Podem ser interesses políticos, organizacionais, estratégicos ou econômicos. Estes, em conjunto, representam uma dada configuração histórica que, por sua vez, pode atravancar processos de mudanças. A indústria petrolífera e petroquímica demonstram este fato. Além disso, guerras ou crises econômicas podem influenciar neste processo.

## 5.5. GEOPOLÍTICA

Se refere ao termo geopolítica para definir os conflitos e interesses diversos relacionados aos Estados-Nação e, mais recentemente, dos blocos econômicos. Embora tais conflitos e interesses possam estar intimamente ligados aos de grandes empresas, em geral, o Estado-Nação age movido por uma lógica própria, onde este é o legítimo ator na esfera global. De acordo com VESENTINI (2003), seriam características de uma lógica geopolítica: análises globais, a disputa do poder mundial, que Estado (e por quê) é uma grande potência, qual a melhor estratégia espacial para se atingir esse status, etc.

Em função de um dado território ou Estado, fatores como soberania, desenvolvimento econômico e manutenção ou ampliação do poder são objetivos típicos de geopolítica. O valor supremo a orientar a ação é a soberania e daí deriva outro elemento fundamental para esta lógica: A segurança.

Ressalta-se este ponto porque a política energética de um país contém elementos dados por tais valores ou é avaliada por eles. Contudo, com a intensificação do processo de globalização esta lógica foi, de certa forma,

suplantada por uma lógica de mercado global. Mas o termo “suplantado” pode ser um exagero.

Na verdade, parece que há uma convivência mais ou menos equivalente entre interesses comuns (Estado e empresas) e interesses específicos de cada área. Mas os problemas típicos de geopolítica e energia, tais como auto-suficiência, transporte por regiões amistosas ou não, riscos de conflito, países aliados ou não, confiáveis ou não confiáveis, parecem persistir com muito vigor.

Porém, ao contrário do que ocorria antes, hoje as grandes corporações internacionais agem de forma quase soberana, da mesma forma que agia o Estado-Nação. Parece que tais empresas, ao lado dos Estados, para sustentar seus ganhos econômicos, agem pautados por critérios de geopolítica, porém, distintos dos de períodos anteriores, como na Guerra Fria ou durante a Segunda Grande Guerra. Atualmente, uma lógica econômica é que induz a geopolítica e não o contrário.

A Lógica do Estado-Nação em Relação à Energia: Em termos de geopolítica, o controle sobre o fornecimento de energia é um fator prioritário a delimitar a soberania de um país. Depender de outro ou de países instáveis significa risco constante. Por isso a preocupação com o autoabastecimento pode, inclusive, se pautar por uma lógica distinta da de mercado.

YERGIN (1992) demonstra que o domínio militar de ingleses e Norte-Americanos durante metade do século 20 se deveu, principalmente, ao fato de estarem na dianteira dos avanços tecnológicos relativos à energia, por exemplo, quando em 1905, os britânicos iniciaram uma ampla modificação em sua frota naval, substituindo o carvão pelo petróleo. Isto teria facilitado o domínio dos mares pelos britânicos na Primeira Grande Guerra, dadas as vantagens técnicas do óleo combustível. Além disso, eram auto-suficientes na produção de petróleo. Durante a Segunda Guerra, um dos fatores a contribuir para a derrota dos países do Eixo foi a falta de combustíveis.

O argumento do autor, portanto, é de que o domínio e disponibilidade do petróleo – ou dos recursos energéticos – foi e é um elemento essencial para a hegemonia das grandes potências. Os atuais conflitos no oriente médio seriam indicativos de que a geopolítica não pode ser desprezada, enquanto elemento de explicação para vários conflitos.

Desta forma, a política energética de um país, suas estratégias e decisões



gerais, mesmo a escolha da matriz energética, contém elementos de geopolítica. Vejamos a seguir, como alguns conceitos relacionados à geopolítica (mas não somente a ela) influenciam a política energética, porém, de forma distinta de períodos anteriores.

A) Auto-suficiência: Trata-se de um objetivo dado pela lógica do Estado-Nação. Significa um país (ou empresa) ser responsável por toda ou a maior parte da sua produção de energia, não dependendo ou dependendo pouco de terceiros. Ela está relacionada à abundância de fontes de energia ou às chamadas riquezas naturais. Este é um dos elementos mais importantes da geopolítica mundial recente. Dominar as reservas de recursos naturais e a estrutura energética significa garantir a independência de uma nação ou empresa. Mas este processo está sendo modificado pela globalização. Ainda que muitos países mantenham reservas estratégicas de petróleo ou outro recurso, a dependência do mercado externo é muito mais ampla que em períodos anteriores. Em relação aos equipamentos, poucos países são auto-suficientes, mesmo os países ricos. As Grandes corporações internacionais dominam o mercado internacional e são empresas mais ligadas ao mercado global que aos seus países de origem.

O processo de globalização subverte o regime de preços e logística, subverte a lógica do Estado-Nação, de forma que alguns países optaram – ou foram forçados - por consumir outros recursos naturais ou provenientes de outros países. É o caso do carvão e do petróleo, pois, alguns países grandes produtores destes recursos optaram por diversificar sua matriz energética, mesmo que isto significasse comprar outros produtos no exterior. Por outro lado, recentemente, devido à crise do Iraque, ganhou peso novamente o argumento de que os recursos naturais utilizados como fontes de energia são estratégicos. O mundo seria por demais conturbado para que um país dependesse de recursos naturais alheios. Desta forma, ou se voltaria à lógica do Estado-Nação ou se criariam organismos internacionais com força suficiente para fazer valer os interesses da coletividade dos países, como poderia ser a OMC (Organização Mundial do Comércio).

B) Estado-Nação e Conflitos de Interesses: As relações entre impérios, países ou blocos de países, em determinados momentos, podem induzir processos políticos e econômicos, podendo inclusive, alavancar rupturas históricas. O exemplo mais evidente é a queda de Constantinopla, em 1453, que marcou simbólica, política e economicamente a passagem do mundo Europeu feudal para

o do Renascimento. Antes disso, economicamente, o comércio de especiarias com o oriente era intenso e passava necessariamente por Constantinopla. Ao fechar ou dificultar a passagem para o oriente, os turcos acabaram por intensificar um processo que já estava em gestação, que foi o avanço tecnológico em matéria de navegações. Tal processo permitiu, em menos de 50 anos, a circunavegação da costa africana e se chegar ao oriente por um novo caminho, assim como, possibilitou a descoberta do novo mundo.

No século XX, as duas grandes guerras mundiais, da mesma forma, ocasionaram mudanças tão substanciais que modificaram o rumo das relações entre países e, mesmo, de avanços tecnológicos substanciais. Principalmente na 2ª Grande Guerra, a tecnologia em várias áreas desenvolveu-se de tal forma que, ainda hoje, vive-se as conseqüências destes avanços tecnológicos. A forma de relação entre países é, então, determinada em maior ou menor grau por estes fatos históricos, como foi o caso da guerra fria, que marcou tais relações até perto do século XXI.

A produção de energia está inserida, ou melhor, está envolta por condicionantes geopolíticos, principalmente a partir da intensificação do processo de globalização, após a Segunda Guerra. A partir de então, o consumo mundial de petróleo aumentou substancialmente, de forma que, a maioria dos países tornou-se dependente dos países produtores daquele combustível. Tal dependência ficou evidente com os dois “choques do petróleo”, ocorridos nos anos 70. Por outro lado, a cada aumento substancial dos preços, muitos países incentivavam a busca de petróleo em seu território e/ou a busca de outros recursos e desenvolvimento de outras fontes de energia.

Exemplo disso é o caso do álcool combustível no Brasil. Este produto já era conhecido há décadas, mas o desenvolvimento tecnológico que possibilitou sua utilização de forma mais intensa só se deu a partir da crise do petróleo dos anos 70.

Recentemente, a situação política conturbada do oriente médio e a nova escalada de aumento do preço do petróleo novamente alavanca processos de inovação tecnológica ou de substituição de fontes de energia. Programas ou políticas que apenas eram tímidos ou estavam em compasso de espera, são então retirados de gavetas ou são impulsionados com um dinamismo muito maior do que se não ocorressem aquelas mudanças na órbita da geopolítica mundial. O

resultado é que diversos países têm procurado diversificar sua matriz energética ou procurado a auto-suficiência em matéria de petróleo e gás natural ou procurado desenvolver fontes alternativas.

Nos EUA, o maior consumidor mundial, tem-se procurado diversificar os fornecedores, incentivando-se a exploração em países africanos e na Ásia central. Apesar disso, mesmo esta modificação da estrutura energética pode apenas prolongar crises. CAPRA (2003) afirma que a tendência natural de muitos países seria intensificar o uso do gás natural, ou mesmo de carvão, xisto ou óleo pesado. Mas isto apenas geraria uma outra crise mais adiante, não apenas pela possível escassez destes produtos, como pela intensificação da poluição, aumentando os riscos para o planeta.

C) Logística: Trata-se de planejar e resolver problemas relacionados a armazenamento, transporte, distribuição, reparação e manutenção de equipamentos, contratação e treinamento de pessoal. É um problema de geopolítica porque implica em planejar e resolver problemas em regiões conflituosas, não apenas no local de exploração, mas no trajeto entre este e os locais de transformação ou consumo. Por exemplo, a construção de gasodutos ou oleodutos, passando por vários países. Isto implica em aumentar os riscos de fornecimento, como os atuais projetos de construção de gasodutos da Ásia central, passando por países como Afeganistão e Irã.

O uso de uma fonte de energia também pode ser determinado ou influenciado a partir das vantagens comparativas em termos de logística, como a facilidade de exploração de um recurso ou obtenção e manutenção de equipamentos. O petróleo, por exemplo, na medida em que tem de ser retirado de águas profundas ou de florestas distantes e inacessíveis, fica cada vez mais oneroso. O mesmo se dá em uma mina de carvão mineral, em que o produto tem de ser retirado a maior profundidade. Neste sentido, uma fonte de energia que pode ser utilizada próxima ao local de consumo certamente será mais vantajosa que outra a ser transportada por grandes distâncias, como é o caso da hidroeletricidade e do gás natural. Porém, isoladamente, este fator não garante menor custo, pois, o ganho em escala pode ser mais determinante. Mas, no conjunto, quando complementar ao ganho em escala é um fator importante.

D) Resistência Organizacional: Ao falarmos de “economia do petróleo” estamos também expondo as formas de organização de uma sociedade. Os

diversos produtos derivados do petróleo alastraram-se por várias instâncias do processo produtivo. O grande consumo fez as empresas do setor crescerem de forma extraordinária, desde a segunda metade do século 19, a partir da disseminação do uso de querosene para iluminação. A partir daí, diversos outros grandes grupos surgiram, fundiram-se, tornaram-se gigantes da economia mundial (YERGIN, 1992). O próprio Estado Nacional, a partir dos anos 30 passou a encarar o produto como elemento estratégico, estruturando algum tipo de organização para o setor. Desta forma, tem-se uma estrutura produtiva em maior ou menor grau dependente de petróleo.

Com uma organização tão poderosa e extensa é muito difícil para os diversos agentes, realmente procurarem modificações substanciais. Há uma ampla gama de conhecimentos, formação profissional, processos, técnicas; há a produção e manutenção de equipamentos diversos os quais necessitam apenas de aperfeiçoamentos e não inventá-los; há uma logística pronta, como a rede de postos de distribuição (desde os locais de exploração até as refinarias e destas até os postos e o consumidor final). Em termos organizacionais, para a maioria das empresas de um mesmo setor, há sempre uma tendência a permanecer em um modelo organizacional (DIMAGGIO e POWELL, 1991). O uso de uma fonte de energia pode ser estruturado por tal modelo e, no caso de se propor a substituição desta fonte, pode subverter a estrutura organizacional de um setor ou mesmo de toda uma sociedade. Isto não é impossível, afinal, a Revolução Industrial aliada ao processo de expansão do capitalismo, se caracterizou justamente por esta modificação estrutural. O termo “Revolução” significa exatamente uma mudança desse porte.

## 5.6. EMPECILHOS NATURAIS

Fatores naturais também podem se tornar empecilhos para a disseminação de ERSs. A abundância ou escassez de certos recursos naturais, assim como a eficiência ou capacidade energética de certas fontes, são importantes argumentos na balança comparativa entre diversas formas de energia. Podemos chamar de imperativo da abundância aos condicionantes econômicos e geopolíticos dados a partir da abundância ou escassez de matéria-prima. Quanto maior a

disponibilidade, a eficiência e a facilidade de industrialização, mais barato é um produto.

Comumente, utiliza-se em um país, como principal fonte de energia, os recursos disponíveis, baratos e de maior facilidade de obtenção e transformação. Foi o caso da utilização da lenha e de algum tipo de força animal em quase todas as partes do mundo antigo. Ou o uso de cavalos para o transporte e, em alguns desertos, a utilização de estrume de animais domésticos como combustível para o fogo. Em termos de uso em maior escala, ocorreu o mesmo. De acordo com Marx (1987, p. 427), por exemplo, no século 17, nos primórdios da Revolução Industrial, a Holanda teria sido forçada a optar pela energia dos ventos devido à escassez de quedas d'água e a inundações freqüentes. Daí a disseminação dos moinhos de vento – um “recurso” abundante - pelo país.

A utilização em grande escala de combustíveis fósseis segue a mesma lógica. O carvão na Inglaterra e o petróleo nos EUA, inicialmente possibilitaram ou alavancaram transformações na estrutura de produção destes países. Posteriormente, com o progressivo aumento no consumo de combustíveis, precisaram adquirir tais produtos no exterior, mas em um primeiro momento, eram auto-suficientes, o que teria impulsionado o seu uso.

Ainda hoje ocorre algo assim. Se verificarmos a relação entre a principal fonte de energia da maioria dos países e as reservas de recursos energéticos dos mesmos, veremos que há uma relação estreita entre estes fatores. Consomem-se mais os recursos que o país ou região dispõe.

Contudo, esta lógica não vale para países muito pobres ou, em alguns casos, como em certos países europeus onde, mesmo com grandes reservas de carvão, procura-se diminuir o seu uso devido a custos socioambientais ou pelo uso de outro recurso abundante. Exemplo disso é a Inglaterra, possuidora de grandes reservas de carvão e de petróleo.

## 5.7. EMPECILHOS COGNITIVOS

De acordo com o apresentado nos quatro primeiros capítulos, um paradigma, uma metodologia e um referencial teórico, com seus conceitos e categorias de análise específicas, podem contribuir para bloquear processos de

mudança. Os referenciais da racionalidade produtivista e instrumental seriam um exemplo. Desta forma, pode existir um descompasso entre desejo de mudanças e conceitos anacrônicos, dificultando a incorporação de novos referenciais. Além disso, processos de inovação tecnológica podem provocar desdém, incertezas e descrença. Se observarmos a história, perceberemos que inúmeros avanços tecnológicos foram ridicularizados em seu início. Com o próprio petróleo se deu assim.

DE MASI (2000) se pergunta, por que na antiguidade muitas invenções não resultaram em avanços tecnológicos? Cita, então, o historiador Pierre-Maxime Schuhl, no ensaio “Por que a antiguidade não conheceu o maquinismo?” para argumentar que as invenções e avanços tecnológicos, em si mesmos, não garantem que sejam incorporados por uma sociedade. Esta incorporação dependeria mais de elementos cognitivos e do grau de liberdade. Entre os antigos gregos, um fator histórico, a escravidão e um fator cognitivo, a concepção negativa da técnica e dos negócios, teria impedido que muitas invenções fossem incorporadas ao processo produtivo.

Por outro lado, Koyré responde àquela indagação afirmando que os gregos acreditavam que somente o mundo celeste podia ser medido com precisão. O mundo terreno era dominado pela imprecisão, por isso não valeria a pena insistir no aperfeiçoamento da técnica. Desta forma, fatores cognitivos e históricos podem influenciar no avanço e aprimoramento de uma técnica.

Mas também podem retardá-la ou bloqueá-la. O que se considera prioritário em uma sociedade definirá o papel da técnica e mesmo se esta avançará, se será incorporada ou não.

Na idade moderna ocorre o contrário. A técnica aliada ao conhecimento científico resulta em tecnologia. A sua supervalorização, fruto de uma racionalidade instrumental, a coloca como objetivo em si mesmo. Além disso, o predomínio de uma lógica mercantil coloca os objetivos da maioria das sociedades modernas como ligados prioritariamente à economia. Por isso, os custos econômicos, assim como as possibilidades técnicas são os principais fatores a influenciar a tomada de decisão dos agentes do setor de energia (assim como de outros setores ou da maioria dos administradores públicos e privados). Ainda que outros elementos pesem na balança, aqueles são os fundamentais. Mas as prioridades podem mudar, pois, como dissemos anteriormente, dependem de fatores sociais,

históricos e cognitivos.

Entende-se como resistência cognitiva os processos mentais que dificultam a incorporação de novos elementos de análise ou a não percepção de que muito do que se considera imprescindível pode ser realizado de outra forma. Deriva da idéia de obstáculo epistemológico. Por exemplo, o fato de ser imprescindível não significa que a produção de energia deva ser necessariamente uma mercadoria (*commodity*), tal como outra qualquer. Da mesma forma, não significa necessariamente, que deva ser estatal. A água também é imprescindível, mas a apreensão que se tem dela é outra. Não é considerada como mercadoria, e muitos ficariam chocados se a água fosse transformada em *commodity*. Por outro lado, energia é algo que se produz e a água existe na natureza, mas seria esta a razão para se apreender os dois elementos de forma distinta? Ou seria a importância de cada uma ao bem estar de uma sociedade, a definidora do seu significado?

Nesse sentido, como vimos anteriormente, o conceito de necessidade poderia ser reinterpretado. Como é um balizador para o planejamento energético sua ressignificação é essencial. Contudo, resiste-se a esta ressignificação. Necessidade ainda é vista no setor energético como algo que se dá por si mesmo. E a tendência é o aumento crescente da necessidade de energia. Isto acaba por gerar conflitos com outras concepções de necessidade, dados por valores distintos dos de mercado. Para um ambientalista, por exemplo, o conceito de “necessidade” é um; para o empresário do setor de energia é outro; para um analista de governo é outro.

Em termos de conhecimentos técnicos também há certas resistências cognitivas, como “a dificuldade do setor elétrico brasileiro, acostumado a trabalhar com fontes de maior facilidade de predição de comportamento e com acumulação natural, a tratar de fontes de comportamento intermitente e de natureza aleatória” (TOLMASQUIM, 2003, P. 231), como é o caso da maioria das ERSs.

Ideologias também podem representar uma resistência cognitiva. Por exemplo, a crença de que não pode haver interferência do Estado, mesmo para ser um indutor de ERSs ou, por outro lado, que ele deva ser o principal agente do setor. A intransigência de cada uma destas posturas pode resultar em bloqueio a processos de mudanças.

Um exemplo de como um fator cognitivo pode influenciar as decisões do setor energético diz respeito ao significado do termo “custo”. Antes de ser um

elemento meramente pragmático, pensar em custos requer um exercício filosófico, no sentido de refletirmos sobre o que devemos valorizar e priorizar em uma sociedade. Até que ponto os chamados “custos econômicos” devem suplantiar outros tipos de custos, como os socioambientais?

Mas como lembra OLSON (1999, p. 72) os indivíduos ou organizações nem sempre são movidos apenas por busca de vantagens econômicas. Também a busca por status, prestígio, respeito e amizade podem influir em determinadas decisões e estes fatores podem estar ligados a outros referenciais de vida e a outros campos de significação. Esse detalhe é importante para refletirmos sobre onde buscaremos referenciais para determinadas ações. Há outras fontes de significações e de motivações para agir no mundo.

Por outro lado, pode ocorrer uma manipulação de conceitos técnicos, como ocorre em relação à definição de energia renovável e hidroeletricidade. Ambientalistas querem retirar grandes projetos hidrelétricos da relação de “energia renovável”, pois tal definição rende em termos de marketing e encobre ou dissimula impactos negativos. Por outro lado, alguns países, entre eles o Brasil, em 1998 aumentaram de 10 MW para 30 MW a potência máxima para se definir o que é uma Pequena Central Hidrelétrica (PCH), além de uma exigência de um reservatório de, no máximo, 3 Km<sup>2</sup>. Isto ocorre, entre outras razões, para se conseguir financiamentos e descontos de tarifas mais vantajosos e para evitar pressão social. Na verdade, qualquer que seja o porte de uma usina hidroelétrica, ela sempre será renovável. O problema está em que, justamente pelo fato de ser renovável, não raras vezes, se encobrem grandes problemas e impactos destes tipo.

Desta forma, uma nova racionalidade socioambiental, baseada em elementos simbólicos (resignificação da relação entre ser humano e natureza) e concretos (riscos globais do processo de produção de energia), é sempre vista como empecilho e não como estratégia para tornar o setor de energia isento dos problemas atuais. É a falta de um sentido mais geral (em termos de ligação ao mundo ou sociedade que desejamos) que faz com que predomine aquela racionalidade econômica e instrumental.



## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A transformação da matriz energética não é algo irrealizável. Ao se analisar a história do setor energético mundial, principalmente a do petróleo, vê-se grandes corporações dominando o mercado, mas também o fato de a sociedade (governo, justiça, imprensa e associações civis) conseguir limitar o poder delas. Foi o caso da dissolução do primeiro grande truste mundial, a *Standard Oil Company*, do magnata John Rockefeller, em 1912; da Revolução russa, em 1917, nacionalizando o setor de energia; da regulamentação federal do setor, nos EUA, da nacionalização do setor no México, nos anos 30 e 40 (YERGIN, 1992) e mais recentemente a nacionalização do mesmo setor em países como a Bolívia e Venezuela. Tais acontecimentos não revolucionaram totalmente o setor, mas diminuíram o poder de grandes grupos.

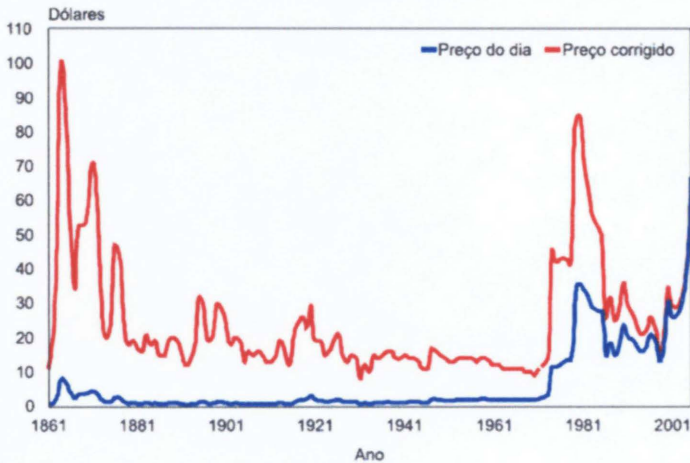
Concretamente, mudar o padrão energético mundial – ou mesmo de um país - é, um objetivo difícil e de longo prazo. Mas é possível que tal mudança tenha um maior ímpeto, como já ocorre em alguns países. Contudo, ainda que se visualize tal possibilidade, há fatores que impedem ou dificultam uma substituição de fontes de energia, em grande escala. Dos itens comentados a seguir, dois são fundamentais e os demais pesam de acordo com a conjuntura histórica ou com objetivos definidos historicamente (fatores políticos, valores fundamentais, pressão social ou mesmo, condições naturais).

Os dois itens fundamentais seriam o processo de inovação tecnológica (incorporação de conhecimentos, invenções e técnicas) tornando possível o uso mais intensivo de uma nova fonte ou tipo de energia. E os custos, isto é, o esforço físico despendido e os custos econômicos, envolvendo todos os outros itens, inclusive os naturais. São fundamentais porque devem estar presentes em qualquer possível mudança de padrão energético. No entanto, mesmo sendo fundamentais, estão atrelados a fatores históricos. Além disso, a definição de “custos” pode variar historicamente, não estando necessariamente atrelada apenas ao fator econômico.

A Figura 4 apresenta a cotação do barril de petróleo, no período 1861 - 2005 (valores de 1/7 de cada ano). Do gráfico é possível inferir, com clareza, que o período de 100 anos de petróleo barato (cotação entre US\$10-20/barril), que

vigorou até 1970, está definitivamente superado. Por questões conjunturais, eventualmente o preço *spot* poderá oscilar abaixo de US\$60/barril, porém a tendência de médio prazo é de valores crescentes. É perfeitamente razoável traçar cenários com o piso da cotação em US\$100 a partir do início da próxima década.

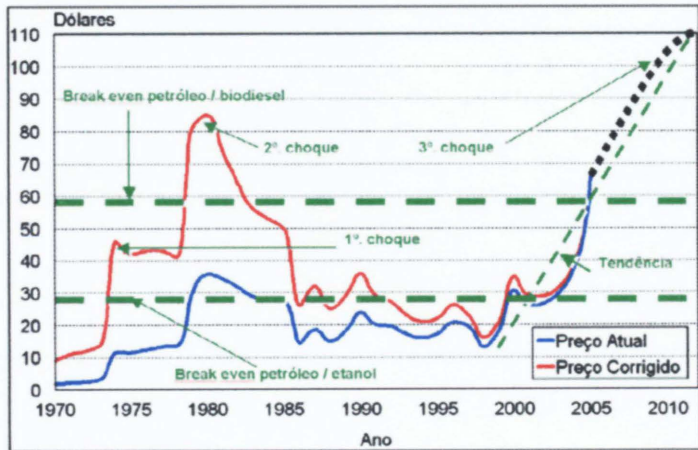
Figura 4. Preço internacional do barril de petróleo.



Fonte: Elaboração D. L. Gazzoni

Nesse contexto, passa a ser fundamental a relação de preços entre matérias primas (petróleo, etanol na usina, óleo vegetal). O *break even*, em condições *ceteris paribus*, entre o preço do álcool e da gasolina (tributação excluída) oscila entre US\$30 e US\$35. Por ser uma tecnologia ainda imatura, a mesma relação é estimada em torno de US\$60 para biocombustíveis derivados de óleo vegetal.

Figura 5. Preço internacional do petróleo e eventos conexos.



Fonte: Elaboração D. L. Gazzoni

Como a maioria dos cenários traçados para o preço internacional do petróleo prevê a continuidade da escalada de preços, consolida-se o programa do etanol combustível e ficam criadas as condições para alavancar o programa de biodiesel.

Entende-se que as condições comerciais estão delineadas, em forma estrutural, para a viabilização da agroenergia enquanto componente de alta densidade do agronegócio. As pressões de cunho social (emprego, renda, fluxos migratórios) e ambiental (mudanças climáticas, poluição) apenas reforçam e consolidam essa postura, além de antecipar cronogramas.

O presente trabalho buscou compilar as principais formas de energia que compõem a matriz energética brasileira, bem como os impactos sócio-econômicos de cada forma de produção de energia. Dessa forma apresentou-se a biomassa como um dos grandes potenciais elétricos para os próximos anos. A biomassa refere-se a uma série de produtos e sub-produtos agrícolas e florestais, assim como resíduos diversos de origem animal e humana que podem ser utilizados em termoelétricas de forma direta, através de combustão, ou de forma indireta, através de processos de gaseificação, liquefação ou na forma de biocombustíveis.

A principal vantagem da biomassa está na eliminação de resíduos diversos, diminuindo a necessidade de sua deposição em aterros, e na diminuição de emissão de Gases de Efeito Estufa. Outro ponto positivo é a geração de empregos na agricultura e silvicultura, o que contribui para evitar o êxodo rural ou a decadência de pequenos municípios. Por outro lado, o uso da biomassa apresenta pontos negativos e riscos como o manejo incorreto dos produtos ou ao risco de grandes monoculturas.

Apresentou-se ainda o uso das energias eólica e solar, onde a maior vantagem dessas formas de energia é o baixo custo socioambiental, pois não emitem gases poluentes, a não ser indiretamente, na produção de equipamentos e materiais. Assim, contribuem para a redução de emissões de GEE. Outra importante vantagem é o uso em conjunto com a agropecuária, não precisando, necessariamente, desapropriar os proprietários de uma área com potencial energético

Atualmente, seus custos econômicos estão em queda e com o tempo, resultaria em uma energia muito barata. O fato de se ter uma pequena economia em escala favorece a diminuição de custos de equipamentos e de sua

manutenção. Em termos políticos pode implicar na ou contribuir para a independência energética, ao possibilitar a autoprodução, evitando, ainda, a formação de cartéis.

Todavia, alguns impactos podem existir. É o caso da geração de ruídos audíveis (ou de baixa frequência) nas proximidades dos geradores, alterando o ecossistema local.

Estas formas de energia são as que aparentam ter o maior potencial de uso em grande escala. Seus custos socioambientais são muito menores que os de fontes tradicionais e, para uma lógica de sustentabilidade, isto é um fator importantíssimo.

Foram apresentadas ainda, fontes de ERS de menor relevância como as pequenas centrais hidrelétricas, maremotriz e geotérmica, as quais possuem uso restrito e pouca significância no total da matriz energética brasileira.

Outra forma de energia apresentada trata-se da célula de combustível baseado no uso do hidrogênio. A geração de energia a partir do hidrogênio ocorre quando átomos de hidrogênio e oxigênio se combinam para formar uma molécula de água, dois elétrons são liberados formando uma corrente elétrica. Esta reação química também libera calor que pode ser utilizado em um co-gerador.

O fato da energia gerada pela célula de combustível, aparentemente, não ser poluente está transformando esta forma de energia em ícone de ambientalistas, porém, há ainda o risco de acidentes, pois o hidrogênio na forma gasosa é altamente explosivo e a sua produção ficará concentrada na mão de grandes empresas.

Ressalta-se que a recente crise energética e a alta dos preços do petróleo têm determinado uma procura por alternativas energéticas no meio rural (Lucas Junior, 1994). O processo de digestão anaeróbica (biometanização) consiste de um complexo de cultura mista de microorganismos, capazes de metabolizar materiais orgânicos complexos, tais como carboidratos, lipídios e proteínas para produzir metano ( $\text{CH}_4$ ) e dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) e material celular (Lucas Junior, 1994).

Projetando o médio prazo, é importante alinhar os principais aspectos positivos e negativos das principais fontes energéticas, para tornar mais transparente a percepção da evolução futura da matriz energética e as reais possibilidades de participação de cada fonte no *market share* da energia

A Tabela 2 alinhava o custo de geração de eletricidade na Europa, quando

são utilizadas diversas fontes e mostrando que a bioenergia começa a tornar-se competitiva com o uso do carvão e do gás. Já a Figura 5 mostra a produção de energia renovável em 1997, em diversas regiões e países do mundo e traça uma estimativa para o ano de 2020.

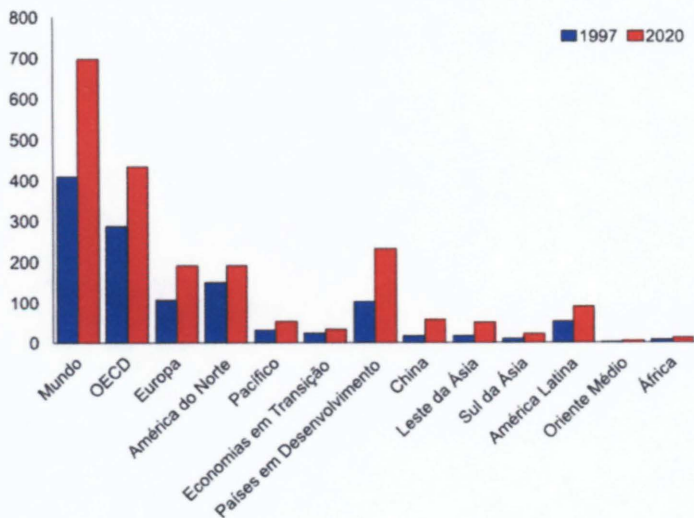
Na composição da futura matriz, a maioria dos estrategistas aponta para a entronização da energia solar como principal fonte primária de energia, que se desdobrará em repositórios intermediários, derivados da captação e transformação da radiação solar, seja por fotossíntese (biomassa) ou por processos industriais. A conjugação das duas vertentes, como é o caso das células de combustível, operacionaliza as formas de aproveitamento da energia solar.

Tabela 2. Custo de Geração de Eletricidade

País	Carvão	Ciclo Combinado de Gás	Bioenergia	Vento	Solar	Nuclear
Áustria	3.6	3.4	3.6	7.2	64.0	5.9
Bélgica	3.2	2.8	3.7	7.2	64.0	4.0
Dinamarca	3.6	2.9	3.9	6.7	85.3	5.9
Finlândia	3.2	2.6	3.9	7.2	85.3	3.8
França	3.2	3.2	4.0	7.2	51.2	3.4
Alemanha	3.2	3.5	4.3	6.8	64.0	5.1
Grécia	3.5	3.5	4.0	7.2	51.2	4.6
Irlanda	3.2	3.2	4.5	7.2	85.3	4.7
Itália	3.2	3.4	4.0	7.2	51.2	5.0
Holanda	3.6	2.6	4.0	7.2	64.0	5.1
Portugal	3.2	3.4	4.3	7.2	51.2	5.9
Espanha	3.6	3.5	4.3	7.1	51.2	4.7
Suécia	3.6	3.3	3.4	7.2	85.3	4.7
Inglaterra	3.2	2.6	3.8	7.2	64.0	4.3

Fonte: AEN/NEA - IEA - Projected costs of generating electricity

Figura 6. Oferta de Energia Renovável por região (MToe). Fonte: IEA 2000



Fonte: IEA 2000



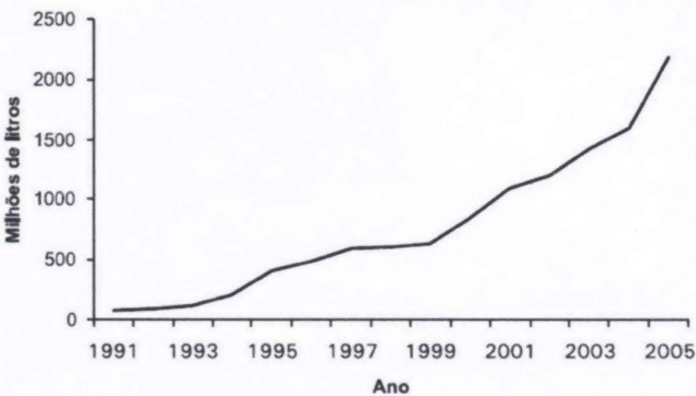
A Tabela 3 apresenta o potencial de uso de bioenergia, de acordo com levantamento efetuado em 1990 e projetado para 2020, em dois diferentes cenários. A Figura 6 mostra o expressivo crescimento da produção de biodiesel no mundo, com três importantes momentos de inflexão da curva.

Tabela 3. Estimativa do Potencial de uso de bioenergia (Mtoe).

Fonte	1990	2020	
		Referência	Alternativo
Resíduos de lavoura	420	482	499
Madeira	1.483	1.791	2.025
Cultivos energéticos	2.689	2.971	3.535
Dejetos animais	688	994	1.004
Lixo urbano	112	516	516
Total	5.393	6.755	7.569

Fonte IEA, 2000

Figura 7. Evolução da produção de biodiesel no mundo.



Fonte: Elaboração: D. L. Gazzoni, a partir de fontes dos países produtores.

Da mesma forma, as políticas públicas destinadas à geração de emprego e renda e a melhoria de sua distribuição, em especial no apoio à pequena propriedade familiar e nos assentamentos da Reforma Agrária, encontrarão na Agricultura de Energia uma forma de agregar valor à produção destes segmentos, ao mesmo tempo em que contribui para o esforço global de limpeza da atmosfera.

Nota-se a ausência de um importante fator de produção, na equação acima, que é o componente tecnológico. A apropriação da maior fatia da rentabilidade do mercado de bioenergia será proporcional à importância dos fatores de produção. Radiação solar é grátis, a terra no Brasil ainda será farta e barata (para os padrões internacionais) no médio e longo prazos. Logo, a remuneração da natureza será proporcionalmente baixa.

A matriz energética brasileira é baseada hoje em usinas hidrelétricas. O modelo de desenvolvimento brasileiro, baseado na hidroeletricidade, é criticado por ambientalistas. Segundo eles, esse tipo de usina gera graves impactos ambientais e é suscetível a mudanças climáticas, o que gera instabilidade no setor. O fato da matriz energética brasileira ser muito mais limpa do que a de países desenvolvidos e em desenvolvimento devido ao uso da hidroeletricidade é um fator comparativo importante, e a inserção de fontes de energia renováveis sustentáveis tende a diminuir a dependência do petróleo principalmente no transporte de cargas e passageiros.

Embora não exista um estudo definitivo comparando a geração de emprego e renda e sua distribuição, cotejando as cadeias de energia de carbono fóssil e de bioenergia, a experiência brasileira e o senso comum indicam que é possível gerar 10-20 vezes mais empregos na agricultura de energia, comparativamente à cadeia de petróleo – com a vantagem de que os empregos seriam gerados internamente, auxiliando na solução de um dos mais sérios desafios brasileiros.

A produção agrícola desconcentra renda mais intensamente que a extração de petróleo ou gás, podendo tornar o Brasil um paradigma mundial de como enfrentar três grandes desafios do século XXI, com uma única política pública: através do incentivo à agricultura de energia, é possível enfrentar os desafios da produção de energia sustentável, da proteção ambiental e da geração de emprego e renda, com distribuição mais equitativa.

A mão de obra também será farta, mesmo postos parâmetros como a redução das taxas de natalidade e o crescimento da oferta de emprego. Do outro lado da balança estarão a extensão da esperança de vida e a automação de processos, que são forças contrárias ao pleno emprego. Desta forma, a mão de obra em seu sentido massivo, terá baixa remuneração, na partilha da apropriação da rentabilidade, no horizonte do futuro imediato.

Entretanto, os capitais terão custos de oportunidade diferenciados, sendo carreados para investimentos com mercado estável, de alta rentabilidade, segurança e liquidez. Embora seja previsível que estas características estarão presentes na agricultura de energia, o mundo também reservará outras alternativas de investimento com as mesmas características, o que projeta um fluxo para negócios de alta rentabilidade.

Finalmente, as considerações relativas à tecnologia apontam que este mercado ainda se encontra na infância tecnológica, devendo mostrar muito dinamismo, mesmo nas projeções de longo prazo.

As análises indicam que os detentores e usuários de tecnologia no estado da arte serão muito bem remunerados, sob o conceito da apropriação das margens. Quando se examina sob o ângulo da pequena propriedade, em que as margens são essenciais, devido ao custo fixo relativamente maior pela escala menor, a adequação tecnológica pode fazer a diferença entre o lucro ou a falência do empreendimento.

A conclusão é reforçada por uma derivada do mercado de energia, para o qual poucos analistas, lideranças e autoridades têm atentado: a matéria prima para a produção de combustíveis fósseis e para a petroquímica é a mesma, ou seja, o petróleo. O declínio na oferta de petróleo afetará o conjunto das cadeias produtivas que dele dependem. Ao contrário da energia, onde uma cesta de fontes estará disponível, a matéria prima sucedânea do petróleo para a indústria petroquímica será a biomassa. E a concretização desta previsão poderá ser antecipada ou retardada em função do investimento em PD&I.

Apesar do exposto, os cenários não são pétreos nem auto realizáveis. O poder regulatório e de intervenção do governo pode alterar o quadro exposto, desde que este atue pró-ativamente e na direção correta. No caso do Brasil, é de fundamental importância que aspectos sociais e ambientais sejam considerados, e que jamais se perca de vista que esta é uma oportunidade histórica para promover justiça social, alavancar a pequena propriedade, viabilizar os assentamentos de Reforma Agrária e interiorizar o desenvolvimento.

Para tanto, o Governo pode e deve lançar mão de diversos instrumentos, como políticas públicas, o seu poder de compra e regulatório e a adequação do ferramental tecnológico. Considerando-se o tempo de maturação destas medidas, em especial o diferencial de tempo entre a formulação de hipóteses e a apropriação de uma tecnologia, em larga escala, pelos seus usuários, é importante visualizar os cenários, mas também atentar para as molduras, para melhor balizar as decisões do presente que contratarão o futuro.

Apesar de a mudança dos componentes da matriz energética mundial ser indiscutível, no longo prazo, existem diversos condicionantes (tecnológicos, políticos, culturais, econômicos, sociais, comerciais ou ambientais) que podem



apressar ou retardar as mudanças consideradas inexoráveis.

Desta forma, é na grande diversificação de fontes que se poderá controlar e evitar os problemas variados das muitas formas de energia.

Entende-se que, a partir do princípio da cautela, as ERSs são altamente recomendáveis, como forma de diminuir fenômenos, tais como, o aquecimento global e para diminuir impactos negativos diversos do setor de energia. Além disso, as ERSs, a partir de uma desejada nova racionalidade socioambiental, são muito mais vantajosas que os combustíveis fósseis. Ainda assim, seu uso mais intenso requer também o princípio da cautela.

De forma geral, ainda que existam custos sociais e ambientais, as ERSs não são inviáveis. Sua maior vantagem relaciona-se a diminuição de emissão de GEE, trazendo inúmeros benefícios à natureza. Da mesma forma, esta menor emissão de gases nocivos diminui problemas de saúde humana, enquadrando-se no que se define como ganhos sociais indiretos. Neste caso, significa economia de gastos com a saúde e melhoria da qualidade de vida. Contribui, ainda, para a diminuição de resíduos, seja agrícola ou de uso doméstico.

O fato da energia ser, primária ou secundariamente, compreendida como *commodity* dificulta uma reorientação ou reformulação da estrutura energética, por parte dos planejadores. Os combustíveis fósseis são produtos de ampla comercialização internacional, cujos preços são dados pelo mercado global. Mesmo a energia, apesar de não ser uma mercadoria comum, é comercializada como produto típico de mercado. Não se propõe aqui que deveriam possuir um outro status, mas sim que poderiam ser mercadorias de utilidade social, devendo por isso incorporar novos critérios de decisão e novos referenciais de planejamento.

Salienta-se, ainda, que a incorporação de novos referenciais, que poderiam induzir uma reorientação do setor energético, na prática, é barrada pelo predomínio da racionalidade econômica. Isto se dá não apenas nas empresas privadas, mas também na esfera do planejamento estatal. No caso do Brasil o predomínio da racionalidade econômica se dá de duas formas: uma a partir do conceito de “necessidade”, conceito definido a partir de uma lógica instrumental, ou seja na crença de que tal crescimento é “natural” e que por isso a oferta de energia deve crescer continuamente. Em um planejamento tradicional, de fato, tem de ser assim, pois o capitalismo tem como pressuposto tal crescimento e a infra-estrutura

energética é fundamental para isto.

Além disso, os conceitos “economicistas” como crescimento econômico, PIB, aumento de exportações, saldo da balança comercial, etc., induzem a um planejamento do tipo “temos problemas socioambientais mas temos de ir em frente”. Nesse sentido, procura-se justificar a utilização em grande escala dos combustíveis fósseis, pois são intensos geradores de riqueza, não apenas pela produção de energia , como por seus subprodutos. Este é o caso do petróleo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMBIENTEBRASIL, **Etanol**, 2005. Disponível em <http://www.ambientebrasil.com.br>; acesso em 13/04/2007.
- ASSAD et alli. **Panorama energético atual e perspectivas futuras**. 2004, Disponível em <http://www.biodieselbr.com/energia/agro-energia.htm>; acesso em 16/04/2007.
- BROWN, L. **A Economia e a Terra: Eco-Economia**. 2003, Disponível em <http://www.uma.org.br>; acesso em 10/12/2006.
- CAMARGO JMR. **Mapeamento Sonográfico da Plataforma Continental Adjacente ao Município de Tamandaré - PE – Brasil**. Dissertação de Mestrado, UFPE. Recife, 2005.
- CAPRA, F., **As conexões ocultas: ciência para uma vida sustentável**. São Paulo: Cultrix, 2002.
- CASAGRANDE, E. F. **É Possível Construir uma Relação entre Design, Inovação e Sustentabilidade?**. PPGTE – CEFET – PR. Curitiba, 2004.
- CEPEL - Centro de Pesquisa de Energia Elétrica. **Energias Renovadas**. Disponível em <http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes>; acesso em 30/03/2007.
- CERQUEIRA LEITE, **Inovação, ciência, universidade e empresa**. Disponível em [http://www.universia.com.br/html/noticia/noticia\\_clipping\\_biab.html](http://www.universia.com.br/html/noticia/noticia_clipping_biab.html); acesso em 15/05/2007.
- CMB - COMISSÃO MUNDIAL DE BARRAGENS, 2000. **Barragens e Desenvolvimento**. Disponível em <http://www.gabeira.com.br/noticias/noticia.asp?id=32>; acesso em 14/04/2007.
- CONNETT, P., 1998 **Incineração do Lixo Municipal - Uma Solução Pobre para o Século 21**. Disponível em [http://www.cnpsa.embrapa.br/down.php?tipo=publicacoes&cod\\_publicacao=756](http://www.cnpsa.embrapa.br/down.php?tipo=publicacoes&cod_publicacao=756); acesso em 02/05/2007.
- DE MASI, D. **O ócio criativo**. Rio de Janeiro: Sextante, 2000.
- DiMAGGIO, P. J. & POWEL, W. W. Introdução. In DiMAGGIO, P. J. & POWEL, W. W. **The new institutionalism in organizational analysis**. Chicago and London, The University of Chicago Press, 1991.
- FREITAS, S/D. **Aproveitamento da Energia Geotérmica**. Disponível em <http://www.fem.unicamp.br/~em313/paginas/geoter/geoter.html>; acesso em 12/05/2007.
- GAZZONI et alli. **Biodiesel e competitividade**. Disponível em <http://www.biodieselbr.com>; acesso em 07/04/2007.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**, 3.<sup>a</sup> Ed. São Paulo: Atlas, 1996.
- GREENPEACE, 2005. **Nova campanha do Greenpeace incentiva consumidores a pressionarem Bunge por produção livre de transgênicos**. Disponível em <http://www.greenpeace.org.br/consumidores/noticia.php?c=2109>; acesso em 15/04/2007.

IEA. **Dossiê da edição 59 discute as principais questões energéticas do país.** Disponível em: <http://www.iea.usp.br/iea/revista/index.html>; acesso em 03/05/2007.

KOYRÉ, A. **Do Mundo Fechado ao Universo Finito.** São Paulo: Forense Universitária, 2006.

LUCAS JÚNIOR, J. **Algumas considerações sobre o uso do estrume de suínos como substrato para três sistemas de biodigestores anaeróbios.** 113p. Tese (Livre-Docência) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista. Jaboticabal, 1994.

MARTINS, G. C. & TEIXEIRA, W. G. **Estabilidade de agregados como indicador da recuperação da estrutura do solo em clareiras na província petrolífera de Urucu.** In: I Workshop Técnico Científico da Rede CT Petro Amazônia, 2004, Manaus. Rede CT Petro Amazônia. Manaus: Fundação Djalma Batista, 2004.

MARX, K. **O Capital.** Livro 4 – Teorias da Mais-Valia. Volume 1. Produtividade do Capital. Trabalho Produtivo e Improdutivo – pp. 384-406. São Paulo: Bertrand Brasil, 1987.

MME. **Diretrizes de políticas de agroenergias 2006 - 2011.** 16/11/2005, disponível em [http://www.mme.gov.br/site/menu/select\\_main\\_menu\\_item.do?channelId=6103](http://www.mme.gov.br/site/menu/select_main_menu_item.do?channelId=6103); acesso em 06/12/2006.

\_\_\_\_\_. **Energia Elétrica para Todos os Brasileiros até 2008.** Disponível em [http://www.mme.gov.br/programs\\_display.do?chn=688&pag=973](http://www.mme.gov.br/programs_display.do?chn=688&pag=973); acesso em 04/04/2007.

MORIN, E. **A religação dos saberes: O desafio do século XXI.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001.

MUSSA, 2003. **Plano Nacional de Agroenergia.** Disponível em <http://www.biodieselbr.com/energia/agroenergia/plano-nacional-agroenergia.htm>; acesso em 12/04/2007.

NOORGARD, R. A base epistemológica da Agroecologia. In: ALTIERI, M.A. (ed). **Agroecologia: as bases científicas da agricultura alternativa.** Rio de Janeiro: PTA/FASE, 1989. p. 42-48.

OLIVEIRA, S. H. F. de, **Dimensionamento de Sistemas Fotovoltaicos Autônomos: Ênfase na Eletrificação de Residências de Baixo Consumo.** São Paulo. 2003, 240p. Dissertação (mestrado em Energia). PIPGE/USP.

OLSON, M. **A Lógica da Ação Coletiva.** São Paulo: Edusp, 1999.

PORTER, M. E. Estratégia para o Brasil. **Revista Exame.** São Paulo, edição 809, ano 38, p. 44-47, 21 jan. 2004.

RIFKIN, J. **A Economia do Hidrogênio (The Economy of the Hydrogen).** São Paulo: Ed. MakronBooks, 2003.

SANTOS, A. I., WEBER, L. M., MOREIRA, T. Z. T. A matriz energética brasileira e o aproveitamento das fontes renováveis. **Análise Conjuntural**, Curitiba, v.28, pp. 17-18, 2006.

TOMALSQUIM, M. T. **Fontes Renováveis de Energia no Brasil.** Rio de Janeiro: Interciência, 2003.

VESENTINI, J. W. **Sociedade & Espaço.** São Paulo: Ática, 2003.

YERGIN D. **O Petróleo. Uma História de Ganância, Dinheiro e Poder.** 2.<sup>a</sup> edição. Tradução de L.M. di Natale, M.C. Guimarães e M Ch. L. de Góes. São Paulo, Scritta, 1992.

WEBER, M. **A ética protestante e o espírito do capitalismo [1905].** São Paulo: Pioneira, 1985.

WORLD BANK, 2004. **Lançamento do Relatório sobre o Desenvolvimento Global 2004.** Disponível em [http://www.bancomundial.org.br/content/downloadblob.php?cod\\_blob=1386](http://www.bancomundial.org.br/content/downloadblob.php?cod_blob=1386); acesso em 13/04/2007.